N° d'ordre : 11

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BESANÇON

POUR OBTENIR

LE DIPLOME DE DOCTEUR DE 3e CYCLE
SPÉCIALITÉ GÉOLOGIE CARTOGRAPHIQUE ET GÉOTECHNIQUE

PAR

Xavier CAQUINEAU
Licencié ès-Sciences

THÈSE

LE GRAND CANAL DU RHONE AU RHIN

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES PRINCIPAUX OUVRAGES ENTRE BOUROGNE (Territoire de Belfort) ET SAINT SYMPHORIEN-SUR-SAONE (Côte-d'Or)

Soutenue le 23 Octobre 1962, devant la Commission d'Examen

JURY : MM. DREYFUSS, Professeur — Président
THÉOBALD, Professeur
THIEBAUT, Professeur
ESCOFFIER, Ingénieur des Ponts et Chaussées — Examinateurs

N° d'ordre : 11

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BESANÇON

POUR OBTENIR

LE DIPLOME DE DOCTEUR DE 3e CYCLE
SPÉCIALITÉ GÉOLOGIE CARTOGRAPHIQUE ET GÉOTECHNIQUE

PAR

Xavier CAQUINEAU
Licencié ès-Sciences

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

THÈSE

LE GRAND CANAL DU RHONE AU RHIN

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES PRINCIPAUX OUVRAGES ENTRE BOUROGNE (Territoire de Belfort) ET SAINT SYMPHORIEN-SUR-SAONE (Côte-d'Or)

Soutenue le 23 Octobre 1962, devant la Commission d'Examen

JURY : MM. DREYFUSS, Professeur — Président
THÉOBALD, Professeur
THIEBAUT, Professeur
ESCOFFIER, Ingénieur des Ponts et Chaussées
— Examinateurs

UNIVERSITE
DE
BESANCON

F A C U L T E D E S S C I E N C E S

(à la date du 23-10-1962)

Doyen Honoraire : M. GLANGEAUD

Professeurs Honoraires : MM. BAILLAUD R., TOURNEUX, TRILLAT, VINCENSINI

Maitre de Conférences honoraire : M. GRANIER.

DOYEN : M. JACQUEMAIN : Chimie appliquée

ASSESSEUR : M. MESNAGE : Chronométrie

PROFESSEURS :
- MM. TRONCHET : Botanique
- DUFFIEUX : Physique générale
- CHATELET : Mathématiques
- PERROT : Chimie générale
- DREYFUSS : Géologie-Minéralogie
- THEOBALD : Paléontologie et Géologie stratigraphique
- CROISOT : Méthodes mathématiques de la Physique
- DELHATE : Astrononie
- QUANTIN : Botanique
- CHALEAT : Mécanique Appliquée
- UEBERSFELD : Physique
- RIPPLINGER : Zoologie
- NAHON : Mécanique Générale
- BERNARD : Chimie Physique

PROFESSEURS SANS CHAIRE :
- MM. RIGAL : Calcul Numérique
- BAILLAUD : Botanique
- POTIER : Physique des Solides
- Mme ROZIS : Physique
- MM. THIEBAUT : Géologie - Minéralogie

MAITRES DE CONFERENCES :
- MM. PHAM MAU QUAN : Mathématiques
- GOMOT : Biologie Animale
- VIENOT : Physique
- MOTCHANE : Electronique
- REAL : Zoologie
- REMOND : Chargé d'enseignement de la Maitrise de Conférences de Chronométrie.

SECRETAIRE PRINCIPAL : M. LAMBERT

C'est d'abord à Monsieur le Professeur DREYFUSS que vont mes remerciements, lequel m'a permis par son enseignement et son expérience de mener à bien cette étude. Que Monsieur ESCOFFIER, Ingénieur résponsable de la navigation à Besançon, soit associé à ces remerciements tant pour ses conseils que pour les documents qu'il m'a très aimablement fourni.

Je remercie Messieurs les Professeurs THEOBALD et THIEBAUT d'avoir accepté de faire partie de mon jury et également pour leur enseignement et leurs conseils.

Que les membres du Laboratoire trouvent ici l'expression de mes remerciements pour leur aide, en particulier Messieurs M. Rollet, J. Bulle et J. Martin, Mademoiselle Charnay Messieurs J.P. Bonnemin, J. Peguenet et tous mes camarades.

Mes remerciements iront également à toutes les personnes rencontrées qui m'ont accueilli très aimablement et m'ont fourni de précieux documents, en particulier au Service de la Navigation, au Service des Ponts et Chaussées et au Génie Rural de Besançon, à l'Usine Solvay et à Monsieur Valfray responsable du Service des Eaux à Montbéliard.

I N T R O D U C T I O N

Le sujet qui m'a été proposé par Monsieur M. Dreyfuss concerne les problèmes géologiques posés par la construction du canal Rhône-Rhin à grand gabarit. Ce canal quittant le Rhône à Lyon pour suivre la Saône jusqu'à St Symphorien-sur-Saône (32 km au NE du confluent Saône-Doubs), emprunterait le Doubs à partir de Dôle, puis traverserait la trouée de Belfort où se situerait le bief de partage des eaux, et rejoindrait le bief d'Ohmarsheim (Grand canal d'Alsace).

La base de ce travail consiste en un lever géologique au 1/5 000 des emplacements où sont prévus les travaux les plus importants du secteur s'étendant entre Bourogne (bief de partage des eaux) et St Symphorien-sur-Saône, soit sur 150 km environ.

Dans une <u>première partie</u> seront vues :

- l'hydrographie et l'hydrologie du Doubs
- les caractéristiques du canal et des ouvrages de génie civil
- la géologie générale (stratigraphie, lithologie, tectonique) du secteur.

Dans une <u>seconde partie</u> seront examinés en détail les emplacements prévus des écluses et barrages, les tranchées importantes, le tunnel de Besançon, et quelques indications seront données successivement pour les biefs et les zones industrielles en projet.

Ce travail a présenté quelques difficultés quant à la précision de l'épaisseur des étages, et de leurs différentes zones de faciès, étant donné d'une part la petitesse des surfaces levées (2 à 6 km2, ce qui réduit la chance d'avoir de bonnes coupes) et d'autre part la distence entre les emplacements étudiés (3 à 20 km). Cependant nous avons noté la succession des faciès aux endroits om il n'était pas possible de faire d'avantage.

Le substratum surtout a été étudié car les dépots superficiels (alluvions, éboulis) demandent une étude plus spéciale qui sera sans doute faite par la suite avec l'aide de la prospection géophysique ou des sondages.

Enfin les données géotechniques ont été limitées et restent approximatives du fait que les études en ce domaine n'ont pas été entreprises. Seuls près de soixante sondages avaient été réalisés l'année dernière ; mais ils ont généralement été placés en fonction des ouvrages à réaliser sans tenir compte suffisamment des problèmes géologiques.

Aussi ce travail a pour but de donner des précisions sur les zones de fondations et d'ancrage (étude de détail des emplacements) et sur la nature des recherches à faire en vue d'améliorer et de résoudre certaines difficultés.

*

* *

H Y D R O G R A P H I E D U D O U B S

Planche n° 1

Le secteur étudié emprunte sur la majorité du parcours la vallée du Doubs. D'une configuration bizarre, le Doubs parcourt 430 km alors que la source et son confluent avec la Saône sont seulement distants de 90 km ; il draine ainsi la presque totalité des eaux du Jura Septentrional, en raison de la dissymétrie de la chaine et avec l'aide de ses principaux affluents. Rappelons que cette configuration est due à la capture ancienne du "Doubs supérieur" s'écoulant alors vers le Rhin par le "Doubs moyen" au niveau de Ste Ursanne.

Cependant ce drainage ne correspond pas essentiellement aux eaux de ruissellement s'écoulant directement des versants de la vallée vers la rivière, mais à un système beaucoup plus compliqué de gouffres, dolines entonnoirs en communication avec des réseaux étagés de circulation souterraine. Ces réseaux ne sont pas toujours en relation directe avec le Doubs.

Mais finalement dans son cours inférieur le Doubs joue le rôle de niveau de base de l'écoulement des eaux grâce à son substratum le plus souvent imperméable de marnes oxfordiennes ouliasiques et que ne traversent pas les réseaux karstiques. Ces réseaux sont assez évolués, les roches étant restées longtemps sous le jeu des actions atmosphériques, surtout dans la partie Ouest du Jura où les glaciers ne sont pas parvenus. Les mouvements tectoniques ont également favorisés la formation de ces réseaux car devant la surrection des plis seules les rivières puissantes ont pu subsister en s'encaissant. Les autres, ne pouvant approfondir suffisamment leur vallée ont profité le plus souvent des fissures du calcaire pour rester en communication avec le Doubs.

Ainsi nous avons une rivière puissante affaiblie en certains points de son cours supérieur par des pertes souterraines, mais qui finalement se voit restituer la presque tota-

...

lité des eaux de ruissellement du bassin qu'elle draine. Cependant il faut noter que le canal, joignant directement Dôle à la Saône, n'utilisera pas les eaux de la Loue dont le confluent avec le Doubs se situe plus en aval. Mais ceci a peu d'importance car le débit module du Doubs est suffisant dans cette partie du cours pour alimenter le canal, et de plus l'E.D.F. projette de déverser une partie des eaux de la Loue dans le Doubs, en aval de Besançon.

Le cours du Doubs peut être divisé en trois parties dont seule la dernière est empruntée par le canal.

- Le cours supérieur de Mouthe 944 m (source) au coude de Ste Ursanne où il suit l'axe du faisceau helvétique.

. Pente : 2,25 m par km jusqu'à Morteau puis 6,50 m
. Affluent : Drugeon

- Le cours moyen jusqu'à Voujeaucourt (confluent avec l'Allan) où il traverse profondément une zone de plateau et l'axe du Lomont

. Pente : 2 m par km jusqu'à Dampjoux, puis 1,50 m par Km
. Affluent : Dessoubre

- Le cours inférieur jusqu'à Verdun-sur-le-Doubs (Confluent avec la Saône)

. Pente : 0,6 par km
. Affluents : Allan, Cusancin, Loue.

Ce tronçon traverse une zone de plateaux jusqu'à Clerval, puis circule dans le faisceau bisontin ; il coule ensuite en bordure du massif faillé de Jurassique formant le prolongement SE de la montagne de la Serre, et serpente enfin dans les alluvions de son lit majeur jusqu'à la Saône.

Le réseau hydrographique présente certaines particularités : en effet entre Clerval et Osselle, le Doubs est installé dans une région plissée (faisceau bisontin) où les sommets sont à des altitudes Supérieures à celles des plateaux situés de chaque côté. Or le Doubs au lieu de couler sur les plateaux ce qui apparaitrait logique, préfère s'installer dans cette zone plissée et l'entailler profondément.

...

De plus lorsqu'à la faveur d'une cluse il pénètre sur le plateau, il ne cherche pas à en profiter pour s'évader définitivement de la zone plissée, mais au contraire retourne tout de suite au coeur de cette dernière à la faveur d'une autre cluse. (Ex. Besançon, Avanne, Thoraise, ancien méandre de Baume-les-Dames).

On explique cela par antécédence, le niveau de base étant le lac bressan, mais il est important de noter qu'à la traversée des cluses, les roches présentent de forts pendages et une succession rapide, offrant donc moins de résistance qu'en des zones plus calmes. Rappelons que les influences tectoniques (plis, failles) commandent le plus souvent le tracé des cours d'eau dans les régions plissées, les influences souterraines dans les régions de plateaux.

Les compartiments en plateaux et zones plissés du Jura ne facilitent pas la détermination des bassins versants (1). En effet les pendages peuvent favoriser un écoulement plutôt qu'un autre, et l'on connait des cas de bassins fermés placés entre deux vallées, alimentant l'une d'elle en période de hautes eaux et l'autre en eaux moyennes. Cependant le cours inférieur du Doubs étant considéré comme niveau de base de l'écoulement des eaux, on a pu calculer approximativement la surface de son bassin versant.

	Badsin versant	largeur du lit mineur	largeur du lit majeur
à Voujeaucourt	3400 km2	50 m	500 m de Clerval à Besançon
à Besançon	4600 km2		
à Dole	5100 km2	100 m	1 à 2 km

D'après ces données, la plaine alluviale n'est donc pas tellement large et l'épaisseur des alluvions oscille entre 4 et 7 m en général, puis entre 7 et 10 m après St Vit. Cependant le profil longitudinal du bedrock n'étant pas une ligne droite mais présentant au contraire des contre-pentes, réduit pour autant l'épaisseur de la plaine alluviale. Ainsi le Doubs traverse des barres rocheuses (Dampierre-sur-le-Doubs, Colombier-Fontaine), coulant à même le rocher, tandis que s'épanouit à l'amont une plaine alluviale.

(1) cf. thèse de G.Monek ...

Les versants de la vallée souvent en gradins, sont presque toujours constitués par deux falaises rocheuses plus ou moins éloignées, ne laissant que peu de place aux terrasses. Celles-ci existent néanmoins , prenant par place une assez grande extension (Roche-les-Beaupré).

Le surcreusement glaciaire n'est pas à craindre ici mais dans la plaine alluviale il peut exister d'anciens méandres abandonnés ou d'anciens cours ayant surcreusés légèrement. Il peut en résulter quelques zones très perméables susceptibles de gêner les travaux de fouilles. On peut remarquer des méandres légèrement décollés, ce qui évoque un débit plus important datant vraisemblablement du Würm, dernière période glaciaire.

Les falaises alimentent d'importants talus d'éboulis surtout dans la partie où le cours est situé dans le faisceau bisontin. Ils peuvent atteindre le Doubs lui-même, et il faudra éviter de les entamer car ils ont une pente d'équilibre naturel susceptible de se reconstituer. Parmi les éboulis certains sont d'origines périglaciaires (fins), d'autres proviennent d'écoulements (gros blocs plus ou moins instables : ex : Ougney).

Enfin, sauf exeeption (ex: Laissey), les cônes de déjection sont peu abondants et peu développés.

*
* *

Sur une brève partie de son parcours, le canal emprunte la vallée de l'Allan, affluent du Doubs, pour parvenir au bief de partage des eaux. Le réseau de l'Allan est constitué par la réunion de petites rivière sous-vosgiennes et jurassiennes. Contrastant avec la vallée encaissée du Doubs, ces petits cours d'eau coulent dans de larges vallées, malgré leur faible débit. Le substratun est presque toujours marneux.

Bassin versant : 1 000 km2

Pente : 1,08 m/km dans la partie étudiée

...

H Y D R O L O G I E D U D O U B S

Planche n° 2

Le régine du Doubs

Il apparait à première vue assez fougueux avec ses poussées fluviales rapides et importantes au milieu de séquences plus nettement marquées. Ceci est dû à plusieurs faits :

- les précipitations importantes
- la présence de neige abondante l'hiver sur les Vosges et le Jura
- le profil longitudinal à forte pente et peu évolué
- les phénomènes karstiques

Ces faits influencent débit et crues avec de nombreuses interactions entre eux.

Les variations du débit au cours de l'année montrent que l'on a affaire à un régime surtout pluvial avec un minimum d'été et hautes eaux l'hiver. Cependant, un minimum secondaire dû à la rétention nivale se dessine au coeur de l'hiver.

Les précipitations (1)

Importantes sur les Vosges et le Jura, elles permettent de penser que les débits moyens du Doubs et de son affluent d'Allan seront élevés.

En effet, le cours supérieur est alimenté par la zone de 1 400 à 2 000 mm d'eau tombée, les cours moyen et inférieur par la zone de 1 400 à 1 100 mm jusqu'à Besançon, puis par les zones 1 100 à 700 mm jusqu'au confluent avec la Saône.

Le débit module est estimé à 60 m3/s. avant le confluent avec l'Allan à 105 m3/s à Besançon, à 115 m3/s à Dole,

(1) observat oire national de Besançon d'après 60 années d'observation.

et fait donc du Doubs une rivière pauvre relativement à ses voisins l'Ognon et l'Ain, ceci à cause surtout des pertes qu'il subit au profit de la Loue.

Le débit d'étiage est estimé à environ 5 m3/s pendant plus de 6 mois dans l'année. Les précipitations sur le bassin de l'Allan s'élèvent à 1 m d'eau tombée par an, et le débit module de l'Allan à 18 m3/s. L'Allan à Voujeaucourt doit amener 1 à 1,5 m3/s à l'étiage.

Les pluies normales sont amenées par les vents cycloniques issus du maximum des Açores, Golfe de Gascogne et gagnent une dépression septentionale. L'hiver et l'été, ces vents donnent des pluies abondantes alors que celles apportées par d'autres vents sont exceptionnelles. Les influences méditerranéennes sont faibles et ceci a pour conséquence l'existence d'un régime continental à tendance maritime dans la partie Ouest de la chaîne. Quant à la fréquence ; il n'y a pas de grands contrastes au cours de l'année. A Besançon, le mois le moins pluvieux compte 14 jours de pluie en moyenne et le plus arrosé 18 ; ceci peut être étendu à tout le cours inférieur du Doubs.

La quantité de neige est souvent minime à l'Ouest mais à partir de 900 m, la couche de neige qui dure de 3 à 4 mois atteint souvent 1 à 3 m. On peut remarquer également une abondance relative de la neige en mars vers Belfort (autant de jours qu'en janvier). Ainsi à Voujeaucourt, l'écoulement diminue l'hiver car le sol est gelé et les précipitations s'accumulent en neige dans le Haut Doubs. Cependant, le caractère nival est beaucoup moins marqué ici car l'on voit le maximum de la fin de l'hiver passer d'avril dans le Haut Doubs à mars ici, et février pourtant moins pluvieux, prend l'avantage sur janvier. L'été la rivière s'affaisse considérablement avec en juillet un débit un peu plus élevé surtout dû aux pluies d'orages. Les réserves en eau du sous-sol s'épuisent et lorsque l'automne arrive, le débit ne remonte que très lentement. Pourtant, les précipitations sont importantes et l'évaporation ne joue plus, mais la terre asséchée s'imprègne et ne restituera l'eau tombée qu'une fois saturée.

...

A Montbéliard, l'Allan a une allure beaucoup moins nivale que le Doubs. Un petit gonflement se remarque en mai-juin provoqué par les dernière fontes de neige dans les Vosges. Le maximum se place en mars et une baisse importante a lieu dès avril.

		Etiage	Crues
DEBITS :	Allan (avant le confluent avec la Savoureuse)	0,75 m3/s	420 m3/s
	Savoureuse	0,350 m3/s	300 m3/s
	Reschotte	0,1 m3/s	3 m3/s

Les crues

Elles sont vigoureuses et la propagation rapide, d'aspect torrentiel. Elles sont aidées en cela par un profil longitudinal à pente forte, peu évolué, et par les phénonènes karstiques qui n'engendrent pas la régularité. En effet, l'eau inflitrée dans les calcaires se trouve restituée assez vite aux niveaux imperméables marneux. Par exemple, en amont de Porrentruy, moins d'un jour après de grosses averses, la résurgence du Greugenet peut déverser un volume d'eau assez considérable pour inonder la vallée de cette ville.

En 1852, l'Allan aurait roulé en aval du pont de Montbéliard 886 m3/s et le Doubs 473 m3/s à Belchamp alors que l'on a connu en 1870 des débits d'étiage de 4 m3/s après le confluent. Ce sont surtout des crues venant à la suite d'averses océaniques par vents OSO et alimentées par l'amont. Leur hauteur au-dessus de l'étiage est d'environ 4 à 5 m, très exceptionnellement jusqu'à 8 m, et le débit des plus grandes crues peut s'élever à 1500 m3/s au confluent, 1 800 m3/s à Besançon.

Elles se déplacent avec une grande rapidité, parfois en moins de 24 heures entre Pontarlier et Besançon ce qui entraîne des vitesses de plus de 3 m/s.

Cependant, la durée des crues est courte, rarement plus de deux jours, mais cela est suffisant pour créer des ennuis d'alluvionnement et d'érosion à leurs passages. En général les crues de l'Allan sont écoulées avant celles du Doubs Supérieur et 80 % d'entre elles se produisent d'octobre à mars. Les crues de l'été sont rares, mais parfois violentes sous l'effet de pluies d'orages généfales du Jura aux Vosges. Montbéliard se trouva 48 heures sous l'eau en juillet 1734 et l'on verra cela se reproduire plusieurs fois.

...

Données climatologiques

La température n'est pas très élevée. En effet, à Besançon on compte en moyenne 82 jours de gelée par an, à Montbéliard 100, avec un hiver débutant tôt et se prolongeant tard. La moyenne annuelle ne dépasse pas 10° et l'amplitude des moyennes vraies et de 18°.

Les vents sont régis par les trois centres influençant la circulation atmosphérique européenne. Ici les influences océaniques et continentales se combattent, l'avantage restant aux premièresprincipalement l'été. Cependant le couloir du Doubs canalise ces vents et à Besançon les vents NE - SO sont prédominants, pouvant être même assez violents pour gêner localement la navigation. La bise (venant du Nord) et le vent (venant du Sud) sont les noms locaux. Ils alternent l'un l'autre toute l'année, mais sont plus fréquents l'hiver. Le vent est plus tenace et aussi plus violent (26 m/s en hiver, 13 m/s maximum en été).

Les eaux sont essentiellement calcaires de ph 7. Rappelons que dans certaines galeries d'usines hydroélectriques, des dépôts calcaires peuvent se produire. A Liebvillers près de Saint-Hypolyte, on peut voir des dépôts de 1 cm d'épaisseur, ce qui réduit puissance et production d'énergie. Ceci, dû à la concentration en carbonate de calcium de l'eau, l'est aussi par la vitesse d'écoulement de l'eau dans la galerie. A Liebvillers celle-ci est de 2,50 m/s tandis qu'à Refrain il n'y a pas de dépôts pour une vitesse de 3,50 m/s.

L'hydrologie et l'hydrographie du Doubs mieux connues, permettront une meilleure compréhension des problèmes qui se poseront lors de la construction et de l'exploitation du canal qui emprunte, sur de très longues sections, le lit du Doubs.

Voir Bibliographie : R. Colle, E. Fournier, A. Gibert, L. Gachon et M. Pardé.

C A R A C T E R I S T I Q U E S
G E N E R A L E S

RELATIVES AU CANAL ET AUX OUVRAGES

Planches n° 3 à 12- 14 - 15 - 16

La communication fluviale par la vallée du Doubs entre le Rhône et le Rhin, interessa déjà les Romains qui favorisèrent le développement de la batellerie sur cette rivière. La navigation continuera à y être habituelle jusqu'au 10e siècle, époque à laquelle les invasions normandes et hongroises ruinèrent la contrée.

D'une manière épisodique, l'idée de recréer une liaison entre les deux fleuves reviendra mais la réalisation de l'ensemble reliant Lyon à Strasbourg n'aura lieu qu'en 1833. Le canal actuel date donc de cette époque ayant toutefois reçu quelques améliorations depuis.

Le canal de 1833 permet la navigation pour des péniches de 250 tonnes. Entre Bourogne (bief de partage des eaux) et St Symphorien-sur-Saône, il s'étend sur 176 km, et peut être divisé en plusieurs sections :

- sur la première de Bourogne à l'Isle-sur-le-Doubs (36 km tout en canal), les péniches doivent franchir 21 écluses

- puis jusqu'à Dole les 120 km sont franchis à l'aide de 37 écluses, et 36 km de dérivation dans les parties les plus mauvaises

- enfin, la dernière section est longue de 20km en canal, et est franchie à l'aide de 9 écluses.

Par comparaison avec le projet de canal à grand gabarit (1) pour des péniches de 1 350 tonnes et convois poussés

(1) Documents fournis par le service de la navigation. Ponts et Chaussées, Besançon.

...

de 3 000 tonnes, nous voyons combien le canal actuel ne répond plus aux besoins modernes.

	Canal actuel	Canal projeté au gabarit international	
Tonnage admis	Péniches 250t.	Autonoteurs 1 350 t	convois poussés 3 000 t
Caractéristiques Générales			
Canal:-mouillage	2,20 m	3,75 m	
-tirant d'eau	1,80 m	2,50 m	
-largeur	10 m	25 m	30 m
Ecluses			
-Nombre	68	21	
-Dimensions	38,50 × 5,20	90 × 12	170 × 12
-Hauteur d'éclusés	0,74 m à 6,37 m	3 m à 13,50 m	
Longueur et dénivellation			
-Denivellation	149,53 (328,38 - 178,75)	149,29 (328,04 - 178,75)	
-Longueur en rivière	84 km	107,9 km	159,8 km
-Longueur en dérivation	92 km — 176 km	68,9 km	
Rayon des courbes	La péniche peut être obligée de tourner sur place de 90° (Ex : Thoraise)	350 m minimum en rivière 600 m en dérivation avec des surlargeurs	

...

Deux idées directrices sont intervenues pour le choix du tracé : pour les sections en dérivation, il a été prévu de maintenir le canal actuel pendant l'exécution des travaux, et on a cherché le plus possible à suivre la rivière.

La hauteur de chute recherchée est de 6,25 m, (8 écluses) pour faciliter les travaux mais 6 autres ont des écluses de 9 m à 13,50 m. 4 ont entre 4 et 7 m d'écluses, et les 3 restantes ont seulement 3 m d'écluses car leur suppression entrainerait des déroctages trop importants ou causerait de gros dommages. Cependant une étude approfondie serait intéressante pour décider de leur suppression ou non.

Le type de construction sera le genre Saône-Moselle, pour les chutes inférieures à 10 m et le genre grand canal d'Alsace ou Rhône pour celles supérieures à 10 m.

A la plupart d'entre elles seront accolés ou non un barrage, au nombre de 17 pour tout le parcours étudié. Ils serviront à remonter le plan d'eau mais aussi à la production d'énergie électrique. L'équipement sera prévu pour 120 m3/s en amont de Thoraise (10 km en aval de Besançon) et pour 180 m3/s en aval car à cet endroit l'E.D.F. prévoit de déverser dans le Doubs une partie des eaux de la Loue soit 30 m3/s sur une chute de 40 m. Ils seront équipés de vannes segments ce qui permet certaines déformations des piles. Tous ces barrages seront à créer sauf celui de Crissey près de Dole qui sera aménagé.

La voie navigable suivant qu'elle sera en rivière ou en dérivation présentera une section et des courbes différentes. Le profil en travers pour les dérivations sera fixe tandis que pour la rivière il dépendra de la nature des fonds, de la largeur du cours d'eau et des profondeurs disponibles. Pour le Doubs, il est prévu un chenal de 40 m et un mouillage de 3 m tandis que sur l'Allan et pour les dérivations la largeur du plafond sera de 25 ou 30 m et le mouillage de 3,75 m.

Le rayon minimum des courbes sera de 600 m en dérivations et de 350 m en rivière. Sur le tracé est prévu 8 courbes de 350 m, 16 de 400 m et 9 de 500 m, représentant 19,5 km au total. En dérivations des surlargeurs seront nécessaires et calculées ainsi : $\left(\frac{165}{2R}\right)^2$ pour les convois poussés et $\left(\frac{85}{2R}\right)^2$ pour les automoteurs.

Enfin, les ponts devront avoir une ouverture de 41 m minimum et un tirant d'air de 5,25 m au-dessus des plus hautes eaux navigables (P.H.E.N.). Sur le Doubs lui-même le minimum sera réduit à 33 m pour la navigation dans les deux sens et à 24 m autrement.

Certains problèmes se poseront lors de la construction du canal.

- l'alimentation en eau du bief de partage

Les débits de l'Allan et de ses affluents étant insuffisants, il sera nécessaire d'étudier d'une manière approfondie les différentes possibilités de stocker de l'eau. On a prévu de donner au canal une section plus large et de réapprovisionner le bief par pompage. Mais cela sera-t-il suffisant ?

- l'alluvionnement dans le chenal et les dérivations

Le débit solide est important en temps de crues, peu autrement. L'entraînement du débit solide dépendant de la distribution des vitesses et de la turbulence, la prise d'eau des dérivations devrait se faire dans la rive concave des méandres. En effet une circulation transversale s'organise et en surface l'eau se déplace vers la rive concave tandis que dans le fond, elle revient vers le rive convexe, ramenant les alluvions prélevés de l'autre côté. La migration maximum des filets d'eau ne se produit pas exactement au sommet de la boucle mais un peu en aval. Le Doubs ne développe des méandres libres que dans la dernière partie de son cours, et ceci indique la tendance à l'alluvionnement. Autre part la tendance est à l'érosion, cependant moins grande quautrefois du fait que l'on voit assez souvent des méandres décollés résultant d'une diminution de débit. Ainsi,pour cette raison, il serait préférable d'installer le barrage hydroélectrique sur une dérivation.

En plus d'une prise d'eau sur la rive concave de la courbe pour éviter l'entrée du débit solide dans les dérivations, rappelons ce qui a été réalisé avec succès à Donzère-Mondragon. A l'entrée du canal de dérivation, un radier en porte à faux et en forme de dents de scie a été réalisé. Le tourbillon provoqué entraîne les galets et sables en suspension vers la rivière.

...

De plus, il existe une largeur optimum pour un canal de débit et de pente donnés car en dessous les rives sont sapées phénomène aggravé par le battement des hélices ; au-dessus l'alluvionnement devient prédominant.

La pollution des nappes alluviales

Les plaines formant le lit majeur du Doubs sont cultivées et contiennent de nombreux puits alimentant des villes et villages riverains. Ce sont dans beaucoup de cas les seules ressources en eau.

Il est donc à craindre une pollution des nappes par les hydrocarbures, les eaux usées et celles des zones industrielles prévues tout le long du canal. Citons actuellement parmi ces dernières celles de l'usine Solvay à Tavaux, près de Dole, dont les eaux usées polluent la nappe alluviale utilisée pour alimenter la ville de Châlons-sur-Saône, ou de la Papeterie de Novillars, près de Besançon, qui constituent une cause importante de contamination malgré des bassins de décantation. Il sera nécessaire d'être strict à ce point de vue car tous les riverains du Doubs ou presque s'alimentent en eau à partir de la plaine alluviale.

L'alimentation ou drainage de la nappe alluviale par le canal

Le niveau actuel de l'eau dans le Doubs, sera perturbé et il s'ensuivrasoit un drainage de la nappe si celui-ci est abaissé, soit une suralimentation s'il est relevé. Les deux cas porteront préjudice aux puits et cultures. Il sera donc nécessaire en certains points de prévoir des réalimentations ou drainagesde nappes à l'aide de contre canaux pour ne pas couper une nappe en deux et laisser s'appauvrir un côté et de saturer l'autre. Certains passages devront sans doute être rendus étanches.

En plus des inconvénients portés aux puits et cultures, les ouvrages construits dans la plaine alluviale pourront subir d'importantes dégradations et affaissements.

Les infiltrations et écoulement sur les ailes des barrages

Il est prévu de les asseoir dans le lit même du Doubs, aussi de chaque côté les barrages s'appuieront sur des alluvions.

...

La denivellation créant une mise en charge, un écoulement dans les alluvions s'ensuivra provoquant, presque surement "renards" et dégradation sur les ailes du barrage. Il sera donc nécessaire de prévoir un masque, le plus simple un masque de chaque côté du barrage, ce qui permettra d'allonger le parcours des filets d'eau et de diminuer leur vitesse d'écoulement.

Pour cela, il serait intéressant de connaitre la perméabilité, la teneur en argile des alluvions et la nature du substratum afin de déterminer la longueur , la nature et le mode d'éxécution du masque à réaliser.

*
* *

G E O L O G I E G E N E R A L E

DU SECTEUR COMPRIS ENTRE BOUROGNE ET St SYMPHORIEN/SAONE

Planches n° 13 - 14 - 15

Au premier coup d'oeil, nous apercevons aux deux extrêmités des formations plus récentes correspondant au golfe de Montbéliard et à la plaine bressane. Entre elles et sur plus des neufdixièmes du parcours, les formations appartiennent à la chaîne du Jura.

Remarque : Pour un maniement plus commode, nous donnerons toujours la succession des étages et faciès en allant des formations plus récentes aux plus anciennes.

A) Secteur compris dans le golfe tertiaire de Montbéliard

Cette formation que supporte des calcaires jurassiques, est traversée par l'Allan et se termine en discordance à l'entrée de Montbéliard. Elle s'enfonce progressivement vers Bourogne mais on peut noter des accidents dont l'un d'entre eux fait ressortir le Jurassique à Morvillars (2 km SE de Bourogne). Mais on atteint ici la limite du secteur étudié.

Stratigraphie

Alluvions récentes (1)

Elles correspondent à un remplissage plioquaternaire reposant sur des terrains de plus en plus anciens en allant de l'Est (Oligocène) vers l'Ouest (Jurassique).

Elles se présentent sous forme de deux séries :

- la série flandrienne formée de cailloutis avec des lentilles d'argile et des éléments siliceux. Epaisseur 3 à 5 m dans la vallée de l'Allan.

(1) Recherches pour l'alimentation en eau potable de Montbéliard, Ponts et chaussées 1956. Diplôme de Mlle Perrenoux sur les alluvions de la Savoureuse, Allan, Doubs, Université de Besançon.

- la série préflandrienne à l'Est d'une faille NS (Arbouans, combe aux biches) formée de couches de sables, de cailloutis, d'argile rouge, sur laquelle repose la séfie flandrienne.

Les alluvions contiennent peu de matières organiques. Leur présentation en formations lenticulaires permet de souligner leur porosité variable. Mais les nappes aquifères sont pauvres du fait de leur situation entre les Vosges et le Jura dont les accumulations d'argile provenant de l'érosion ont colmaté les niveaux poreux.

Les sondages et puits, lors de l'étudefaite par les Ponts et Chaussées, ne donnaient en moyenne que 25 à 30 m3/h, très rarement 80 m3/h, et ont montré que l'épaisseur des alluvions près de la faille d'Allenjoié était de 6 à 10 m.

Alluvions pliocènes (graviers rhénans ou surface dite du Sundgau)

Ce sont des alluvions fluviatiles déposés par l'Aar qui s'écoulait alors vers le Doubs tandis que le Rhin s'écoulait vers le Danube. Elles sont formées de galets quartziques, calcaires, de roches feldspathiques et de radiolarites (roche alpine). Ce sont des galets de toutes dimensions (quelques cm à 40 cm), souvent altérés, mêlés à un limon argileux jaune brun et à du sable. Leur épaisseur varie de 10 à 15 m et les alluvions sont recouvertespar ' à 15 m de lehm (éch. L8). Dans le secteur étudié, elles forment une nappe importante entre Morvillars et Exincourt tandis qu'elles sont plus rares au nord de l'Allan. Imperméables vers l'Est, elles sont plus perméables vers l'Ouest.

Miocène

Il n'existe pratiquement pas dans la région étudiée.

Oligocène (1)

Le Chattien et le Stampien supérieur n'existent pas dans la partie étudiée mais se trouvent cependant à quelques kilomètres plus à l'Est.

(1) M. Dreyfuss, N. Théobald et J. Thiébaut.

...

A l'Oligocène supérieur et moyen correspondent :

. Les marnes à cyrènes : à Méroux, tranchée de Vernes, alternance de marnes gris bleu et vert, de sables micacés gris clair avec lentilles ou dalles de grès calcaires

. Les marnes à melettes : marnes micacées, argileuses gris bleu, renfermant parfois des concretions calcaires cloissonnées

. Les schistes à "amphisiles" : schistes bitumineux à poissons (visibles à Froidefontaine)

. Les marnes à foraminifères : marnes bleues ou grises

A l'Oligocène inférieur correspond une série conglomératique surmontant des calcaires et marnocalcaires lacustres de Chatenois à Melania albigensis NOULET (3 m).

La série conglomératique ou "système de Bourogne" comprend :

. une zone de marnocalcaires à helix et de marnes bariolées : marnes, marnes sableuses, marnocalcaires, calcaires parfois oolithiques, calcaires gréseux et conglomératiques, conglomérats (blancs, gris, jaunâtres, bariolés). Le calcaire à helix est un banc intercalé dans cette zone.

. une zone conglomératique gréseuse et grès à feuilles.

. une zone de marnes grises zonées: calcaires marneux, marnes grises ou noires à Mytilus faujasi.

. une zone conglomératique inférieure: sables calcaires, marnes et conglomérats gris, jaunes, roses, à galets de Jurassique supérieur.

On peut en voir une partie au Nord de Fesches-le-Chatel, le long du canal de Montbéliard à la Haute Saône entre le Moulin du Bois et Allenjoie.

Eocène Ech. : L2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7

Sous des calcaires et marnes lacustres à Planorbis

...

pseudoammonius (E. du grand Charmont au N. de Montbéliard Ech. L1), vient ce que l'on appelle le minerai de fer sidérolithique. Sous forme de pisoolithes brun foncé à structure concentrique et de nodules ou rognons ferrugineux dans une argile rouge, ce minerai se trouve dans différentes formations :

- dans des poches karstiques à la surface des calcaires jurassiques.

- dans des formations bréchiques éocènes ou conglomératiques oligocènes sous forme remaniée. On peut le trouver intercalé entre le Jurassique supérieur et les assises conglomératiques ou lacustres du Tertiaire. Le minerai aurait été érodé au moment du dépôt des couches supérieures ; ce phénomène ne se retrouve qu'à la périphérie du golfe de Montbéliard.

Tectonique

Le golfe synclinal de Montbéliard peut apparaitre tranquille d'après la carte au 80 000e, mais en fait il existe plusieurs compartiments limités par des failles NS ou NE-SO. On peut mettre en évidence 4 compartiments :

- un compartiment limité par la faille d'Arbouans, Combe aux biches et la faille de la Savoureuse.

- un second , effondré de 25 à 30 m par rapport au précédent, allant de cette dernière faille à celle d'Allenjoie, et mettant en contact le calcaire à helix et conglomérat calcaire inférieur du système de Bourogne.

- un troisième effondré de 45 m environ par rapport au précédent limité par une grande faille passant à Froidefontaine et mettant en contact le Jurassique supérieur et les séries conglémératiques de l'Oligocène. A Fesches-le-Chatel, le calcaire jurassique doit se trouver vers 100 m de profondeur (prospection géophysique).

- un quatrième à l'Est de ce dernier où le Séquanien affleure.

Histoire de la région (1)

A l'Eocène le plateau jurassique n'est qu'un karst exposé aux actions superficielles. Puis au début de l'Oligocène, la formation du fossé rhénan provoque tout un réseau

(1) Cf. Bibliographie, J. Devantoy.

de failles tandis que la région commence à s'affaisser avant même le dépôt des premières couches du système de Bourogne ; en effet le Jurassique a un pendage plus accentué que les couches conglomératiques de l'Oligocène.

La faille de Froidefontaine joue et rejoue au Sannoisien car les faciès de cet étage sont différents de part et d'autre de la faille, le faciès côtier à l'Ouest et le faciès du large à l'E.

Au Stampien l'enfoncement continue et la transgression marine s'accentue, comblant la dépression au Chattien tandis qu'à l'Aquitanien le Jura s'exhaussant, l'enfoncement s'arrête.

Au Burdigalien les failles rejouent, les Vosges et le Berfortais s'élèvent lentement, le Jura se plisse au Tortonien. Une phase de pénéplanation, tandis que se déposent au Pontien des cailloutis et sables Vosgiens, évoque une phase plus calme; mais la grande poussée orogénique de la fin du Pontien affaisse la porte de Bourgogne, le rejeu de la faille de la Savoureuse, de Bourogne et du Mont Bart, créent une gouttière que va emprunter l'Aar Doubs et permettre le dépôt d'une vaste nappe alluviale au Pliocène allant du Sundgau à la forêt de Chaux aux environs de Dole. Un bombement général par la suite entre ces deux régions fera que les alluvions disparaîtront en grande partie le long de la vallée du Doubs.

...

B) Secteur compris entre Montbéliard et Damparis (à 6 km OSO de Dole)

La presque totalité de ce secteur est parcouru par le Doubs, traversant des séries faisant partie de la bordure Ouest du Jura. Si l'on a là un tout stratigraphique, il n'en est pas de même de la tectonique qui permet de distinguer plusieurs zones :

- une zone de plateaux préjurassiens de Montbéliard à Clerval

- le faisceau bisontin de Clerval à St-Vit

- la bordure jurassique au Sud du massif cristallin de la Serre et la bordure de la forêt de Chaux de St-Vit à Damparis.

Stratigraphie

La série va du Trias au Portlandien. La transgression crétacée venant du Sud n'ira pas au-delà d'Osselle et les restes en sont très rares. De Tertiaire n'est représenté que par la nappe alluviale pliocène de l'Aar Doubs et par quelques formations peu importantes (poudingue de Montfaucon, près de Besançon). Au quaternaire ont eu lieu des dépôts superficiels.

Dépôts superficiels

Quaternaire

1 - Argile de dissolution : les calcaires donnent peu de produits d'altération si ce n'est de l'argile rouge de dissolution dans les diaclases.

2 - Eboulis : ils sont tous calcaires et l'épaisseur ne dépasse pas une dizaine de mètres en général. Ces éboulis peuvent être plus ou moins calibrés et consolidés par de la calcite mais ceci n'est jamais régulier. Ces éboulis sont mêlés à des produits argileux et à de la terre. Il sont stables en général (la végétation aidant à fixer les talus) et plus ou moins aquifères, cela dépendant en partie de la nature calcaire ou marneuse de la roche sous-jacente.

3 - Alluvions récentes : avant le confluent avec le Doubs, les alluvions sont celles de l'Allan (siliceuses et calcaires), mais l'apport d'éléments calcaires et argilocalcaires par le Doubs va transformer leur nature.

...

Elles se présentent toujours en lentilles de granulométrie très variable d'unpoint à un autre. Cette stratification irrégulière est dûe à la variation de forme des méandres, et également aux duretés inégales des sédiments calcaires et siliceux.

De plus, on sait que le fond de la vallée est très irrégulier, fait de seuils (Voujeaucourt, Dampierre, Colombier-Fontaine) et de zones plus profondes où s'épanouissent des plaines alluviales. Ceci va donc provoquer un dépôt de sédiments plus fins en amont desseuils et plus grossiers en aval.

L'alimentation en éléments solides se fait surtout aux dépens des éboulis calcaires des falaises riveraines ; cependant le pourcentage de silice reste notable dans toute la vallée du Doubs surtout en ce qui concerne les sables et graviers surmontant les galets de base. A Clerval, on trouve 52 % de grains siliceux et le pourcentage est encore élevé à Besançon. Ceci est dû au fait que les ruisseaux entrainent vers la vallée des éléments de terrasses pliocènes, prolongements de celle du Sundgau, dont de nombreux restes bordent la vallée du Doubs. Cette proportion de silice doit d'ailleurs augmenter à partir de St-Vit, car le Doubs longe ici la terrasse de la forêt de Chaux, autrefois reliée à celle du Sundgau. Notons que les éléments calcaires sont toujours plus grossiers car moins remaniés que les éléments siliceux fins et bien triés.

Leur perméabilité varie en chaque point et elle est toujours plus faible dans le sens vertical que dans le sens horizontal. Enfin, elles peuvent être plus ou moins cimentées mais ceci est très irrégulier, comme c'est le cas pour les éboulis.

Tout ceci engendre donc des coefficients de tassements et de vitesse de circulation des eaux variables. Malgré des alluvions peu épaisses, il sera parfois intéressant de reconstituer le paléorelief et les réseaux hydrographiques fossiles surtout pour les zones industrielles situées en aval de St Vit. Il faudra tenir compte également des fluctrations de la nappe aquifère dans la plaine alluviale et les terrasses.

4 - Formations périglaciaires

Après la dernière glaciation (Würm), le Jura semble avoir été soumis à une période sèche et froide, cause des dépôts suivants :

...

- groise ou éboulis calibrés mêlés à de l'argile brun rouge

- cailloutis soliflués : cailloutis plats de quelques centimètres empilés les uns sur les autres et non calibrés. Certains sont dressés . Ces formations jalonnent ici et là le pied des falaises riveraines du Doubs.

Tertiaire

5 - Galets siliceux déposés par l'Aar Doubs.

On pourra se reporter à ce qui a été dit sur les alluvions du Sundgau. Ceux-ci se retrouvent plus ou moins remaniés sous forme de terrasses ou non tout le long de la vallée du Doubs. Ils reprennent une grande extension à partir de St Vit (Forêt de Chaux)

6 - Galets Vosgiens

Avant le passage de l'Aar Doubs, l'hydrographie dans le Jura était orientée des Vosges vers la Suisse. D'où toute une série de dépôts de galets vosgiens qui ont formé la surface dite d'"Ornans". Par la suite l'hydrographie a pris une orientation Vosges-Bresse et permis la formation de la "surface de Montrond" par remaniement (érosion régressive des ruisseaux) de celle d'Ornans et en contrebas bien entendu de celle-ci.

7 - Dépôts argileux

- argiles à chailles contemporaines des galets vosgiens qui peuvent être, soit en place (on a alors des chailles neuves près des affleurements argoviens, surface d'Ornans), soit transportées (on a alors des chailles argoviennes, pulvérulentes sur des affleurements non argoviens, surface de Montrond).

- argiles rouge ou terra rossa de décomposition (vue à Damparis). Ces argiles sont contemporaines de la pénéplanation du Jura car elles se sont formées sous climat chaud, vu leur nature.

...

Formations Jurassiques (1) Planches n° 17 à 22

Un profil stratigraphique a été établi pour les étages du Jurassique et du Lias, sur lequel des remarques ont été faites à propos des différentes zones de roches pour rappeler les problèmes dont il faudra se souvenir à leurs sujets. Ceci n'a qu'un caractère relatif car il est bien entendu que les problèmes énoncés ne se poseront pas toujours pour un niveau déterminé.

Nous avons établi un profil général c'est-à-dire que la représentation des étages ne peut être considérée comme ayant la valeur d'une coupe précise pour un endroit déterminé. Cependant, ceci permettra de se faire une idée de la roche sur laquelle seront faites les différentes fondations des ouvrages, et en fonction de cette roche le type, le genre, et l'importance des recherches à effectuer.

Portlandien J9

Cet étage ne figure qu'en un seul point comme substratum de la plaine alluviale du Doubs (au droit de St-Vit rive gauche). Autre part, il se trouve bien au-dessus du Doubs (100 m au moins dans le faisceau bisontin) Il est formé de :

20 à 30 m de calcaire compact gris beige à trainées brunes, et dolomitique à tubulures, quelquefois rubanné et en plaquettes fines; niveaux de cargneules.

Kimméridgien J8

Il affleure tout le long du Doubs, mais ne descend dans le fond de la vallée que dans la zone des plateaux, entre Montbéliard et Clerval, aux environs de Besançon, de St-Vit, à Dole. Autre part, soit il n'existe pas, soit il reste bien au-dessus du Doubs.

On distingue dans le Kimméridgien deux formations :

- le Ptérocérien à la base et le Virgulien au sommet.
- le Virgulien J8c, (40 m environ, dont 25 à 30 m de calcaire et 10 à 15 m de marnes)

. 15 m de calcaire à Diceras; calcaire blanc, plus ou moins jaunâtre, tendre, crayeux ou oolithique, strates de 0,25 à 0,60 m. Certains niveaux contiennent des Diceras et Nérinées très nombreuses et sont alors friables.

...

. 27 m de calcaires et marnes à Exogyra Virgula (lits de marnocalcaires gris, durs et de marnes alternés), dont :

- 7 m - alternance de marnes sableuses et de calcaires jaunes
- 6 m - de marne blanchâtre très calcaire à virgules
- 8 m - de calcaire compact jaune en bancs de 0,30 à 0,50 m avec quelques fines assises entièrement formées de virgules
- 6 m - alternance de marnes bleuâtres, sableuses et de calcaires marneux jaunes clair à cassure brillante. Exogyra Virgula

Le Virgulien présente donc une formation supérieure plus calcaire mais tendre (le coralligène y est peu important) et une autre, inférieurefaite d'alternances plus ou moins rapprochées de marnes et de calcaires, donc beaucoup moins stable et plus favorable aux infiltrations le long des joints de stratification. Ce sous-étage dont la coupe provient des environs de Montbéliard devient de plus en plus calcaire en allant vers le Sud, mais on retrouve toujoursdes deux formations calcaires et marneuses.

- Le Ptérocérien J8ab 100 m environ : 75 à 80 m de calcaires et 20 à 25 m de marnes.

. 25 m de calcaires à Mactes J8b3, translucides sur les bords et rubanés souvent dont :

- 8 m de calcaires blanc jaunâtre durcissant à l'air
- 3 m de marnes jaunes feuilletées très calcaires, pouvant passer latéralement à des calcaires.
- 13 m decalcaires très durs blanc jaune, cassure esquieuse, bancs supérieurs très fendillés.

. 10 à 12 m de calcaires à Corbis J8b2

Changements de faciès très rapides.

Calcaires toujours blanc jaunâtre , très crayeux avec des perforations, des veines et géodes cristallines, et des concrétions de fer sulfuré. On peut trouver sur plusieurs mètres des Nérinées en énorme quantité.

Sous le calcaire en vient un autre plus grenu et scintillant, plus solide également.

...

. 25 m de calcaires et marnes à Ptérocères J8b1 dont :
- 5 m de calcaire gris jaunâtre
- 8 m de marne grise très fossilifère, sableuse
- 4 m de calcaire bland finement graveleux, se délitant à l'air
- 8 m de bancs de calcaire marneux gris à brun, très fendillés et sableux, Pholades, oolithes, glauconie, traînées rougeâtres, perforations remplies de calcite.

. 36 m de calcaires compacts J8a clairs, en bancs de 0,60 à 2 m avec quelques assises de marnocalcaires entre les bancs; parfois fendillésen tous sens.

Cette coupe provenant de Montbéliard, montre un niveau coralligène (calcaire à Corbis crayeux), niveau moins stable et plus sensible aux agents atmosphériques tels que l'eau et le gel. Vers le Sud, le coralligène ptérocérien ne se retrouve plus au-delà de Clerval.

Une autre coupe (1) peut être faite à la sortie de Besançon, le long de la route de Pontarlier. Le ptérocérien affleure, limité toutefois par la faille du Doubs qui empêche de voir les 10, 15 derniers mètres avant le Virgulien.

. J8b est représenté par :
- 14 m de marnes jaunes très fossilifères avec de rares passages calcaires
- 34 m de calcaires marneux avec des passages lumachelliques (huitres, brachiopodes, gastéropodes).

. J8a est représenté par :
- 22 m de calcaire crayeux à brachiopodes
- 2 m de calcaire très marneux
- 20 m de calcaire compact sublithographique à tendance crayeuse, fendillé, avec un passage à entroques au sommet.
- 1,50 m de calcaire glauconieux .

Ici on ne trouve pas de niveau coralligène, mais la zone marneuse semble plus étendue qu'à Montbéliard.

(1) Coupe faite par le Laboratoire de Géologie de Besançon (non publiée)

...

La limite entre le Kimméridgien et le Séquanien a toujours été prise au niveau des calcaires glauconieux sauf en amont de Clerval où le niveau glauconieux semble se trouver entre J8a et J8b. A Dole il devient très difficile de distinguer le Kimméridgien du Séquanien, mais ceci a peu d'importance car il ne semble pas affleurer sous les alluvions du Doubs.

Séquanien J7

70 à 150 m : 3/4 de calcaires, 1/4 de marnes.

Au fur et à mesure que nous descendons dans la série, les formations figurent de plus en plus souvent comme substratum de la vallée du Doubs. Le Séquanien est le premier de ces étages qui affleurent sur de grandes étendues au bord du Doubs.

On le trouve surtout dans la zone des plateaux entre Montbéliard et Clerval et aux environs de Dole, mais il est présent également vers Deluz, Besançon et St-Vit.

Son épaisseur est variable : 100 m à Montbéliard, 150 m à Besançon, 70 m à Dole, mais son aspect lithologique comprend toujours 2 zones calcaires encadrant une zone marneuse.

Il ressemble parfois au Bathonien mais est souvent plus gris que lui. Les assises marneuses ne sont pas très épaisses, 0,5 à 2 m.

Continuons la coupe provenant de Montbéliard :

. 18 m de calcaires à Cardium J7e
- 4 à 5 m de calcaire assez consistant
- 12 à 14 m de calcaires crayeux.

Calcaire blanc, suboolithique et crayeux; exposés aux agents atmosphériques, ces bancs se criblent d'une infinité de trous et donnent à la roche un aspect spongieux. Bancs de 0,50 à 1m. On peut trouver de la pyrite parfois.

Certaines assises (4 ou 5) sont très oolithiques et contiennent de nombreuses Nérinées. Fossiles : Terebratula subsella Leymer.

. 25 m de calcaires à Térébratules J7d

Calcaire plus gris avec trainées rougeâtres et plus ou moins compact. Bancs de 0,40 à 1 m. fossiles empâtés.

...

On peut trouver des niveaux plus marneux et feuilletés.

Le passage avec la formation inférieure peut se faire par des marnes à Apiocrinus (N. Théobald, 1959)

. 30 m de marnes à Astarte minima

Cette formation n'est pas composée uniquement de marnes mais d'une alternance de marnes et de calcaires (petits bancs de 10 à 40 cm). Ces marnes ont un aspect sableux au sommet, plus grossier et chargées de débris calcaires et siliceux à la partie moyenne, schisteux et homogène à la partie inférieure.

Stratifiées en assises de 0,25 à 3 m, elles peuvent encadrer des massifs calcaires de 3 à 4 m (1 vers les 2/3 supérieurs et un autre vers le 1/3 inférieur).

Faciès caractèristiques de la combe séquanienne :

. plaquettes formées de testsd'Astartes : calcaire très dur, gris bleu ou jaunâtre à taches bleues à l'intérieur et à cassure brillante.

. plaquettes gréseuses (siliceuses)

. calcaires lumachelliques contenant des débris allongés de coquilles de lamellibranches.

. 15 m de calcaires à Natices

Calcaire gris plus ou moins compact dont les bancs de 0,50 à 0,80 m sont séparés par de minces assises marneuses ; se délite souvent en fragments chimiques.

. 15 m de calcaires à astartes

Calcaire blanc à pâte fine et crayeuse, contenant parfois des oolithes avec souvent des taches grises délavées ; bancs de 0,30 à 3 m avec des stylolithes entre les bancs ; se délite en fragments cubiques ; très gélif.

On voit donc, encore dans le Séquanien, des formations coralligènes (calcaire à Cardium) mais celles-ci ne se retrouvent plus au Sud d'Hyèvre-Paroisse (5 km OSO de Clerval) Quelques autres formations de ce type apparaissent vers Dole et Gray.

...

Pour les différents faciès dans le faisceau bisontin, continuons la coupe route de Pontarlier, à la sortie de Besançon.

- J7e :

. 49 m de calcaires graveleux avec des oolithes, entroques dans la moitié supérieure, et des traces ferrugineuses dans l'autre moitié. Fossiles empâtés; aux deux extrémités, passages marneux peu importants.

. 40 m de calcaires à Térébratules dont :

- J7d :

. 27 m de calcaires gris plus ou moins marneux avec des intercalations marneuses vers le sommet (sur 6 m); vers la base, certaines passées sont plus claires, graveleuses et oolithiques (sur 9 m) alternant avec des calcaires marneux. Fossiles empâtés.

. 13 m de calcaires marneux alternant avec des marnes . Térébratules.

- J7c 40 m de marnes à Astartes dont :

. 9 m de marnes alternant avec des bancs calcaires sublithographiques de 50 cm environ

. 18 m de calcaires marneux dont la lithologie varie très brusquement tous les 1 à 2 m. Bancs de 0,30 à 1 m ; 2 passages de marnes jaunes . Calcaire soit en plaquettes, soit lithographique , soit organogène , soit très marneux.

. 4 m de marnes bleues devenant plus calcaires vers le sommet.

. 9,60 m de calcaires marneux gris, roux ou bicolores; gravelles et petites Nérinées vers le sommet.

Faciès caractéristiques de la combe séquanienne:

- Calcaires bicolores
- Calcaires gréseux à Astartes et Pseudocyclamina jaccardi excessivement nombreuses
- Calcaire graveleux à Trocholines et Textulaires
- Calcaire lumachellique .

...

...

- J7ab : 35 m de calcaires à Astartes dont :

. 10 m de calcaires finement graveleux et marneux, passages d'oolithes noires au sommet.

. 26 m de calcaires compacts
Oolithiques et graveleux dans la partie supérieure
crayeux sur 3 m au début de la moitié supérieure
compact avec quelques gravelles orangées dans la partie inférieure.

Le Séquanien est donc formé de 120 m de calcaires environ, et de 30 m de marnes.

Vers Dole, les faciès oolithiques se développent beaucoup. Il est difficile de donner une coupe précise car les affleurements ne sont pas continus et situés en divers endroits. Le Séquanien supérieur affleure dans la carrière de l'Usine Solvay, près de Damparis, le Séquanien moyen dans les carrières de Dole (au lieu dit : la Bédugue) et vers Choisey, le Séquanien inférieur vers Saint Ylie et Baverans (en face de Falletans).

La coupe de la carrière de l'Usine Solvay est la suivante :

- 10 m de calcaires compacts sublithographiques
Quelques lits marneux jaune vert. Points de calcite dans la pâte ; trainées jaunes.

- 10 m de calcaires compacts sublithographiques
Quelques grosses gravelles, marnes roses feuilletées au sommet ; quelques lits marneux vers la base.

- 3 m de calcaire graveleux rosé

- 3 m de calcaire sublithographique, quelques Nérinées

- 8 m de calcaires oolithiques à Nérinées, Polypiers, nombreux débris de coquilles.

- 4 à 7 m de calcaires compacts légèrement gélifs ; gravelles assez grosses ; points roses et limoniteux, plusieurs mètres de calcaires marneux bicolores bleus et rouges en grandes taches colorées (plusieurs m3); bancs massifs de 50 cm à 1 m

...

séparés par des lits marneux. Ils se délitent facilement ;

fossiles excessivement nombreux : Nérinées, Polypiers, débris de coquilles, Térébratules, Rhynconelles, Trichytes. On voit également de nombreuses gravelles dans la pâte et des géodes de calcite.(Echantillon D 25).

E. Jourdy donne également une coupe du Séquanien. Il semble que dans cette région, il y ait des changements de faciès assez rapides. Aussi, nous ne savons pas si la coupe précédente correspond au Séquanien supérieur et moyen de Jourdy ou si elle se situe au-dessus.

Coupe du Séquanien dans la région doloise d'après Jourdy.

- 2 m de marnes blanches
- 7 m de calcaire jaune oolithique avec des passages schisteux.
- 1 m de marnes blanches à Ostrea spinalis. Terebratula lumeralis.
- 6 m de calcaire compact à cassure conchoïdale contenant de grosses gravelles irrégulières brunes et de petites gravelles rosées ; quelques niveaux à Nérinées passées à l'état spathique (Echantillon D 19 pris près de "Rouhandes" à Choisey).
- 5 à 6 m de calcaires marneux bleus et de marnes blanches grasses vers la base ; Astartes ; Térébratules.
- 10 m: assise marneuse blanche et grasse contenant des lumachelles à Pecten et Térébratules (peu épaisse à Choisey)
- 21 m de calcaires jaunes, oolithiques. Les oolithes sont très nombreuses et très fines, souvent miliaires, jaunes ou roses. On remarque également quelques passages à pisoolithes allongés et bruns. Quelques bancs sont organogènes, d'autres contiennent des Polypiers et Nérinées, d'autres sont marneux. Nombreux bancs schisteux à Lucina substriata dans la partie moyenne (Echantillons D 20 - 21 - 22 - 23 pris sur la route qui descend de la N 73 vers Choisey et qui prend en face de l'asile d' Aliénés de Choisey).

...

- 7 m de calcaires blanc beige compact, à cassure conchoïdale large, points roses.

Sous le calcaire vient le Rauracien

*
* *

Le Rauracien qui se trouve sous le Séquanien est un calcaire oolithique. La limite entre ces deux étages a été prise lorsqu'apparait le premier banc oolithique, et aux environs de Dole une quinzaine de mètres au-dessus des calcaires à Nérinées du Rauracien.

Rauracien J 6

30 à 50 m entièrement calcaire.

Cet étage se retrouve assez souvent comme substratum de la vallée du Doubs. Présent à peu près partout, on ne le voit cependant pas affleurer au fond de la vallée entre Clerval et Deluz. D'une épaisseur à peu près constante, son faciès le plus caractéristique est oolithique.

La limite avec le Séquanien est discutée car une partie des calcaires sublithographiques du Séquanien inférieur seraient en réalité du Rauracien, mais pour plus de commodité, ces calcaires ont tous été groupés dans le Séquanien.

Les bancs sont très massifs en général, de plusieurs mètres d'épaisseur, quelquefois se délitant en plaquettes; les diaclases sont nettes. Les marnes sont tout à fait exceptionnelles.

...

Les 2/3 supérieurs de cet étage sont franchement oolithiques, oolithes plus ou moins grosses souvent mélangées à des débris plus gros et à des pisoolithes qui restent en relief dans la partie supérieure . On trouve des passages à oolithes brunes, fines, bien calibrées à cassures nettes le plus souvent, ou bien restant en relief et alors jaunes, ou bien blanches et miliaires. Enfin quelques bancs sublithographiques jaunes peuvent exister.

Les oolithes ne sont en général pas tout à fait rondes, mais à Voujeaucourt nous en avons trouvé de très belles sphéroïdales à couches concentriques et assez grosses. Entroques nombreuses et Polypiers. La stratification est parfois entrecroisée.

Le 1/3 inférieur correspond plus souvent à un calcaire à Polypiers, oolithique certes, mais à structure moins nette et d'aspect beaucoup pluscharrié. Polypiers, Entroques et débris se mélangent en très grand nombre. Le calcaire est souvent brun foncé presque gris parfois et les oolithes sont souvent allongées. Les débris de fossiles peuvent être silicifiés ou non. A la base on peut voir parfois des récurrences de faciès argoviens calcaires grumeleux à gréseux noirâtres.

Ce faciès à Polypiers ne monte pas très haut en général dans le Rauracien et peut être en partie remplacé par le faciès oolithique. Il monte plus haut dans la série vers Montbéliard que plus au Sud.

A la limite inférieure, on trouve très souvent un calcaire à très gros pisoolithes sur 1 à 2 m ressemblant à un micropoudingue à l'affleurement. Ce banc repère a été choisi comme limite entre le Rauracien et l'Argovien et dans le cas où nous ne l'avons pas trouvé, la limite a été prise lorsqu'apparaissent les oolithes (en montant dans la série); car choisir la limité lorsque disparaissent les points silicifiés peut entrainer à des erreurs, ceux-ci existant souvent encore dans le Rauracien inférieur.

Vers Dole le faciès à Polypiers envahit beaucoup plus la formation et soutient de très nombreuses Térébratules, Rhynconelles, Nérinées et Polypiers. C'est un calcaire gris, contenant peu d'oolithes, plus marneux vers la base, plus compact et sans Polypiers vers le sommet mais avec de minces lits marneux entre les bancs.

...

Le calcaire à Polypiers et Nérinées est épais de 25 à 30 m et le reste l'est d'une dizaine de mètres avant le Séquanien, passage ici difficile à limiter.

Coupe du Rauracien aux environs de Dole

- 10 m de calcaire compact avec oolithes grosses et dispersées ; bancs oolithiques vers la base ; quelques couches marneuses ; cassure anguleuse étroite.

- 15 m de calcaire à oolithes peu sérrées gris bleu, Nérinées.

- 15 m de calcaire compact gris non oolithique. Polypiers, Térébratules, Rhynconelles.

- 5 m de calcaire marneux.

Ce nouveau type de Rauracien commence à s'entrevoir vers Orchamps.

Argovien J5

35 à 50 m de marno calcaires et marnes

Oxfordien J4

40 à 50 m de marnes.

La limite avec l'oxfordien ne se voit présque jamais. Cependant, cet étage a été différencié de l'oxfordien bien que du point de vue Travaux Publics, ce ne soit pas d'un grand intérêt.

L'argovien et l'oxfordien, rattachés ensemble sous le nom de J 5 sur la carte au 1/80 000e (1), forment le substratum d'une grande partie de la vallée du Doubs, d'une manière épisodique jusqu'à Deluz, puis très souvent par la suite. Ils permettent au Doubs de jouer le rôle de collecteur des eaux du Jura septentrional.

(1) voir planche n° 13

L'Argovien est formé de :

J 5b - 8 à 10 m de calcaires grumeleux et gréseux contenant en grande quantité des points et des tiges d'Encrines silicifiés qui restent en relief à l'affleurement.

J 5a - 30 à 50 m d'une alternance de marnes et marnocalcaires ; ici commence la série marneuse. Sur 25 à 30 m, ce sont des alternances de marnes jaunes et de calcaires gris bleus. Les alternances deviennent de moins en moins respectées à mesure que l'on descend dans la série, les marnes prennent le pas petit à petit sur les bancs de calcaires gréseux, augmentant leur importance au détriment de ceux-ci. L'aspect boudiné des calcaires et leur délit en sphérites plus ou moins siliceuses a fait donner le nom de marnes à "miches" (silice diffuse) et à chailles (silices agglomérée en nodules) à cette série.

Le passage à l'Oxfordien est très difficile à noter et se fait à la base de cette série. En effet 25 à 30 m de ces marnocalcaires, sont considérés comme Argovien, tandis que 10 à 15 m contenant Pholadomya exaltata sont considérés comme Oxfordien.

L'oxfordien :

25 à 30 m de marnes à Creniceras renggeri: marnes homogènes bleues ou noires, dures à l'abri des agents atmosphériques, se délitant et se désagrégeant à l'air. Elles prennent alors un aspect terreux. Ces marnes contiennent des grains de quartz, de la pyrite, du gypse en petite quantité et des fossiles (ammonites) à l'état de moules pyriteux. Ceci peut aggraver la tendance des marnes au délitage. Elles se différencient de celles du Lias car elles ne contiennent pas de niveaux gréseux micacés.

Le rapport d'épaisseur entre marnes et marnocalcaires est variable

Les marno calcaires à Pholadomya exaltata ont leur maximum d'épaisseur vers Montbéliard, tandis que l'Argovien marneux devient très important vers Baume-les-Dames (80 m) , et à Besançon les marnes à Creniceras renggeri (5o m).

...

Vers Dole (1) ces étages subissent de véritables transformations que l'on commence à entrevoir vers St Vit. Une coupe partielle de l'Argovien peut être faite à Salans (2 km SO de St Vit)

- 3 à 4 m de calcaires grumeleux
- 5 m d'argiles bleu noir très fluantes contenant de larges nappes de spongiaires silicifiés blancs (près de l'égliae)
- 6 m de calcaires marneux avec de grosses encrines, Polypiers, (résurgence)
- 7 m de calcaires très marneux gris en bancs plus ou moins épais séparés par des marnesfeuilletées : niveau des calcaires hydrauliques (carrière près du cimetière)
- 6 m de marnes blandes, contenant des bancs calcaires feuilletés.

A Dole

Le Rauracien recouvre directement 10 m de marnes jaunes alternant avec des marnes bleues, en bancs de 20 cm et séparés par des lits feuilletés de 10 à 50 cm . Les marnes sableuses très désagrégeables contiennent de très nombreux fossiles (carrière près du lieu dit "le Perron")

F. Queyranne a montré que sous ces couches existent des calcaires oolithiques blancs alternant avec des couches marneuses puis 10 m de calcaires jaunes devenant moins colorés et en bancs plus minces vers la base et enfin des marnes rouges (quelques cm.)

On voit donc que les calcaires deviennent moins siliceux (ce que l'on peut déjà voir à partir d'Osselle).

Quant à l'oxfordien, il se réduit progressivement vers Dole et les marnes a Creniceras puis les marnocalcaires à Pholadomya et Cardioceras cordatum finissent par disparaitre à quelques kilomètres à l'Ouest de Dole

La limite entre l'oxfordien et le callovien se voit très rarement car il y a souvent des glissements qui masquent la limite. Il est remarquable également que le pendage des bancs de calcaires calloviens s'accentue au voisinage de l'Oxfordien (2)

(1) voir Jourdy (1871) - Cairè (1951) - Dreyfuss (1950)

(2) Cf. M. Dreyfuss (1956)

...

Callovien J 3 20 à 30m

En compagnie de l'oxfordien et de l'Argovien, il joue souvent le rôle de substratum de la plaine alluviale du Doubs.

Si son faciès "dalle nacrée" est à peu près constant de Montbéliard à Dole (calcaire oolithique ou souvent gréseux à grumeleux brun jaune à roux, à taches bleues souvent ; entroques, et nombreux fossiles) il n'est que très rarement complet, certaines couches manquant ici, d'autres là. En effet, à l'époque de la sédimentation peu profonde du callovien devaient exister des courants de marées (1) pouvant éroder une couche encore molle, ou empêcher une autre de se déposer. La stratification entrecroisée générale du callovien évoque également ce phénomène. Rappelons enfin que le faciès "dalle nacrée" n'existe qu'à partir de Belfort, plus au Nord le callovien est marneux.

Le Callovien supérieur est représenté par des roches jaunes ou grises, très peu épaisses, pouvant renfermer ou non des oolithes ferrugineuses et des concrétions de calcaires compacts. A Dole, l'argovien repose directement sur le calcaire callovien.

Le callovien proprement dit apparait le plus complet dans la région de Deluz. A Laissey, en effet (2 km NO de Deluz), Girardot donne la coupe suivante :

1 - 4 m de calcaires gris avec des perforations nombreuses et des débris d'huitres ; oolithes.

2 - 1,50 m de marnes bleues à Pseudomonotis

3 - 3,30 m de calcaire roux à grains de calcaire compact, lamelles spathiques ; oolithes; marnes jaunes à la base.

4 - 0,20 m de marnocalcaire fossilifère

5 - plusieurs mètres de calcaire gris ou gris jaunâtre plus ou moins ferrugineux, grenu,non oolithique, renfermant des lamelles spathiques et de nombreux débris d'échinodermes.

(1) M. Dreyfuss (1951)

...

Girardot donne des précisions pour d'autre lieux :

A Clerval existent: assise 3 marnocalcaire
assise 4 calcaire grumeleux peu oolithique

A Baume-les-Dames : assise 3 calcaire sableux puis compact et oolithique 7,50 m
assise 4
assise 5 calcaire sableux oolithique 1 m

A Dole : 25 m : assise 1 calcaire oolithique et spathique
assise 2
assise 3 calcaire oolithique 12 m
assise 4
assise 5 plusieurs mètres. Repose directement sur le Bathonien.

De Rochefort-sur-Nenon (6 km NE de Dole) à Champvans (4 km ONO de Dole) on trouve des silex rubannés dans les assises 1 et 3.

Enfin, pour montrer que les assises peuvent disparaitre brusquement, prenons le cas des affleurements existants (×) à Besançon et à Beurre (3 km SO de Besançon). Les affleurements sont peu éloignés les uns les autres.

	Palente	Chamforgeron	Pont de Secours	Papeteries Bisontines	Beurre
Assise 1	×		×		×
Assise 2					×
Assise 3		Calcaire rouge à nodules calcaires		×	×
Assise 4		marnes			
Callovien supérieur	marnocalcaire jaune		Placage ferrugineux et marnocal. jaune	ferrugineux et marnes à oolithes ferrugineuses	

...

Ainsi lorsque le callovien sera choisi comme roche de fondation, il sera nécessaire d'en connaitre la lithologie (calcaire ou marne) et l'épaisseur. De plus, la stratification est entrecroisée (beaucoup plus que pour le Rauracien et le Bajocien inférieur), et le délit en plaquettes assez fines.

Fossiles : Pholadomya murchisoni
Macrocephalites macrocephalus
Rhynconelles - Térébratules - Bryozoaires
Débris de coquilles.

Le passage au Bathonien est assez net, se faisant directement par une surface taraudée, soit par l'intermédiaire de marnes. La limite a été prise dès l'apparition des calcaires oolithiques (en montant dans la série).

Bathonien J 2

Cet étage s'il forme parfois le substratum de la vallée du Doubs, est évité le plus souvent par celui-ci à cause de sa dureté. Soit le Doubs le longe, préférant couler sur le callovooxfordien, soit il le traverse rapidement à la faveur d'une cluse.

Le faciès caractéristique du Bathonien est un calcaire beige très dur, lithographique ou graveleux aux éclats coupants. Quelques niveaux oolithiques se voient à la base, d'autres contenant Rhynconella decorata et des Térébratules se voient vers la base et le milieu, enfin les bancs deviennent de plus en plus graveleux vers le sommet. On peut trouver des bancs à "nonies", des taches roses dans la pâte et de nombreux joints stylolithiques.

Les bancs sont très massifs, de plusieurs mètres d'épaisseur, diaclasés, devenant gélifs vers le sommet. Assez pur, il se dissout un peu sous l'action des pluies et eaux courantes, permettant la formation de nombreux réseaux karstiques dans sa masse.

...

J 2b Bathonien supérieur 0 à 6 m

Il est représenté soit par des marnes (Chamforgeron - ancienne gare de la Mouillère à Besançon), soit par des calcaires roux sableux (Baume-les-Dames), soit par des marnocalcaires à Rhynconelles. Mais il n'existe pas toujours ayant pu être érodé au début du Callovien (ceci se voit particulièrement dans le faisceau bisontin). Vers Dole, le passage au Callovien se fait directement par une surface taraudée indiquant là une action érosive. Ces marnes existent toujours vers le Nord à partir vraisemblablement de Colombier-Fontaine.

Bathonien proprement dit J 2a ou J 2

Il existe une variation continue entre Montbéliard et Dole dans le sens de l'épaisseur et de la lithologie (1).

A Belfort, le Bathonien est presque entièrement marneux. Seuls quelques minces bancs calcaires oolithiques et lumachelliques se trouvent intercalés entre les marnes. Les variations de faciès sont très rapides et l'épaisseur est ici réduite à 8 m.

Au fur et à mesure que l'on descend vers le Sud, le calcaire lithographique et graveleux apparait : 2 m à Arcey (10 km O. de Montbéliard). A Bavans (près de Montbéliard) le calcaire est peu épais (2 à 3 m) puis est surmonté par des calcaires gris beige ; marneux et enfin par des marnes à Rhynconelles (plusieurs mètres).

A Clerval, le calcaire a 22 m de puissance, puis 60 m à Baume-les-Dames, Deluz, Besançon et atteint 80 à 100 m près de Dole. Ce calcaire un peu marneux dans le Nord devient plus pur et lithographique vers Baume-les-Dames et Besançon puis de plus en plus graveleux vers le Sud.

Le passage au Bajocien se fait rapidement par des calcaires oolithiques alternant avec des bancs lithographiques. La limite entre ces deux étages a été choisie au dernier banc lithographique.

(1) Cf. N. Théobald (1957)

...

Bajocien 90 à 120 m - presqu'entièrement calcaire

On a coutume de diviser cet étage en deux formations distinctes l'une de l'autre : le Bajocien inférieur et la Grande Oolithe ou Bajocien supérieur. Cette séparation figure sur la carte au 1/80 000e et nous en avons tenu compte en cartant.

Le Bajocien forme plus souvent le substratum de la vallée que le Bathonien mais le Doubs a également tendance à la traverser assez rapidement à la faveur des cluses. Cet étage figure souvant dans la vallée tout au long du faisceau bisontin et seulement là exceptévers Colombier-Fontaine. La longue bande de Bajocien entre St-Vit et Orchamps n'intéresse pas la vallée du Doubs.

Grande Oolithe J 1b 25 à 70 m

Les calcaires oolithiques forment plus des 3/4 de la formation.

Si ces calcaires sont oolithiques, il en existe de multiples aspects à la cassure : oolithes fines et grossières, brunes ou beiges, à cassure nette ou pas, miliaires parfois, mélangées à des débris plus ou moins grossiers, si bien qu'à la vue d'un échantillon, il est parfois difficile de repérer à quelle hauteur on se trouve dans l'étage.

Les bancs sont massifs (plusieurs mètres souvent) diaclasés, mais le débit peut se faire en plaquettes. On trouve d'assez gros bryozoaires dans certains bancs. Il peut également s'intercaler des bancs de calcaires lithographiques et parfois des assises de marnes jaunes (1 à 2 m au plus) (Bavans, Colombier-Fontaine, Besançon).

Dans la partie supérieure les oolithes sont plus claires, mieux calibrées, en général, les entroques sont moins nombreuses et on y connait un banc à "momies" (Clerval, Baume-les-Dames, Besançon). On voit parfois se développer un calcaire oolithique à tendance crayeuse vers le sommet.

Dans la partie inférieure, les oolithes sont plus brunes mélangées souvent à des débris d'entroques et à des éléments plus gros. On voit des taches bleues plus ou moins développées à la cassure.

...

Cette partie inférieure oolithique peut reposer directement sur le Bajocien (Baume-les-Dames), mais le passage peut se faire aussi par l'intermédiaire doit de marnes à Ostrea accuminata, soit de marnes et bancs de calcaires oolithiques alternants, soit par une formation tenant du calcaire à Polypiers bajocien inférieur et de la Grande Oolithe.

Cette dernière formation peut monter assez haut dans la grande Oolithe puisque son épaisseur varie de 1 à 45 m (Girardot), ceci au détriment de ce que nous avons appelé plus haut partie inférieure.

Cette formation est composée de calcaires grumeleux jaune gris, plus ou moins marneux, entrecoupés de lits de marnes, de bancs de calcaires lithographiques ou oolithiques, contenant des crinoïdes ou des nodules silicifiés ou des grains silicifiés ou des Polypiers parfois. Elle est puissante de 22m à Clerval, de 28 m à Laissey, de 4 m à Besançon.

La puissance de la Grande Oolithe est de 65 m à Voujeaucourt, 44 m à Clerval, 65 m à Deluz, 65 m à Besançon, 25 m vers Dole où les bancs sont plus minces et le calcaire un peu grumeleux, blanchâtre ou jaunâtre à oolithes souvent allongées. Il s'éffrite un peu (E. Queyranne.

Le passage avec le Bajocien inférieur est donc parfois incertain lorsque la formation intermédiaire se développe ; cependant la limite a été choisie au dernier banc oolithique ou lorsqu'apparaissent les formations typiques à Polypiers ou à Entroques.

Le Bajocien inférieur J 1 40 à 65 m

On a coutume de diviser le Bajocien inférieur en deux formations : les calcaires à Polypiers dans la partie supérieure et les calcaires à Entroques. Mais les épaisseurs respectives sont variables, la formation à Entroques pouvant envahir toute la série.

Le calcaire à Polypiers lorsqu'il existe, ce qui est tout de même général, est un calcaire plus ou moins marneux, grumeleux, de couleur gris noir avec des taches ocreuses et des vacuoles microscopiques. On peut trouver parfois des oolithes et paffois dans la partie supérieure des marnOcalcaires à silex abrasifs, surtout au Sud d'Osselle.

...

Autour des Polypiers, assez gros en général on trouve la plupart du temps des calcaires saccharoïdes blancs. Enfin des bancs de calcaires à entroques peuvent se trouver intercalés. Son épaisseur est de 27 m à Besançon, de 20 m à Laissey, et d'une trentaine de mètres à Thoraise.

Le calcaire à Entroques se différencie du précédent par sa nature souvent plus massive, sa stratification entrecroisée parfois, et par la multitude de débris de crinoïdes qu'il contient. C'est une roche jaune rosé, grise ou brune, massive ou subdivisée en lits plus ou moins épais. Enfin, on trouve souvent des intercalations marneuses dans la partie supérieure et parfois des nodules siliceux.

La puissance n'est jamais inférieure à 6 m. A Clerval, elle est de 8 m, de 9 m à Baume-les-Dames, 6 m à Laissey, 8 à 10 m à Besançon.

Vers Osselle le Bajocien inférieur est plus puissant qu'autre part : 75 à 85 m au lieu de 40 m environ. Il est formé d'une alternance de zones à Polypiers et silex et de zones à entroques, assez épaisses, plus silicifiées vers le sommet. Des lits marneux s'intercalent souvent entre les bancs calcaires très massifs. La base de l'étage (20 m environ) est formée de calcaires gris un peu oolithiques, puis de marnes bleues fossilifères surmontant le calcaire aalénien peu important. Cette augmentation de puissance se poursuit vers Quingey (J.B. Siri).

Le passage avec l'Aalénien ferrugineux est assez net et peut se faire soit par l'intermédiaire de calcaires à entroques, ou oolithiques soit par des couches plus ou moins marneuses. La limite a été choisie lorsqu'apparaissent des formations très brunes et très ferrugineuses.

...

Formations du Lias (1)

Planches n° 22 - 23

Le Lias à l'encontre du Jurassique est presqu'entièrement marneux, très sujet aux glissements. Il n'affleure que dans le faisceau bisontin et le Doubs coule souvent et longtemps dessus. Les épaisseurs des différents étages sont assez constantes, mais comme pour tout faciès marneux, il peut y avoir des réductions tectoniques très importantes.

Aalénien 16 70 à 90 m

L 6b: 15 à 20 m de calcaires

- Calcaire marneux à Pecten pumilus gris ocre, très peu épais, pouvant être au-dessus du calcaire ferrugineux (Baume-les-Dames) ou au-dessous (Laissey)

- Calcaire ferrugineux oolithique, brun rouge foncé, contenant un niveau de minerai de fer (4,50 m à Deluz), à très forte teneur et autrefois exploité. Ce calcaire peut alterner avec des bancs marneux et gréseux dans la partie inférieure

L 6a: 50 à 70 m de marnes

Marnes gris bleu, micacées, bien litées et pouvant devenir sableuses. Elles contiennent des fossiles pyriteux (ammonites) Le passage à L 6b se fait par une alternance de calcaires gris brun et de marnes, en petits bancs.

Fossiles : Lioceras opalinum
Pleydellia aalensis
Dumortiera radiosa
Leda rostalis
Trochus subduplicatus
Nucula hammeri

Toarcien L 5 80 à 90 m

Supérieur : 50 à 60 m de marnes

Marnes grises et grosses à Lytoceras jurense

(1) Cf. N. Théobald (1961)

...

Inférieur : 30 m de Schistes

- marnes et couche rouille à nodules remaniés
fossiles : Coeloceras crassum
Hildoceras bifrons

- zone à Dactyloceras commune contenant des nodules calcaires

- 17 à 18 m de schistes cartons à Posidonomya bronni ; les schistes plus durs que les formations qui les encadrent forment un relief dans la topographie. Il se débitent en lames.

- 2 à 3 m de schistes bitumineux gréseux, à Dactyloceras tenuicostatum.

Il existe de petits bancs calcaires à la base.

Charmouthien L 4 40 à 60 m

Cet étage peut être divisé en 2 sous-étages :

Domérien

- 5 à 10 m de marnes grises sableuses et micacées à Amaltheus spinatus ; elles deviennent gréseuses et contiennent des nodules calcaires vers le sommet. Il existe ici un niveau d'eau constant à faible débit.

- 25 à 40 m de marnes gris bleu à Amaltheus margaritatus dont :

. 10 à 15 m de marnes à nodules calcaires
. 10 m de marnes micacées feuilletées
. 10 à 15 m de marnes plastiques

Pliensbachien

- 7 à 8 m d'une alternance de marnes brunes, se délitant mal dans l'eau et de calcaires marneux à nodules phosphatés et Bélemnites.

C'est une région de sources peu importantes et cet étage forme un reliefavec le calcaire ocreux.

Fossiles : Prodactylioceras davoei SOW.
Uptonia jamesoni

...

Sinémurien L 3 20 à 25 m

Cet étage forme une côte assez caractéristique. La partie supérieure de cet étage est appelée Lotharingien.

Le Lotharingien comprend :

- des calcaires ocreux à Gryphea oblicua à odeur sulfurée et à cassure facile ; s'il est altéré, il prend souvent une teinte rouille
- des marnes.

Son épaisseur est de 10 m.

Le Sinémurien S.S. est formé de calcaires marneux bleus à odeur sulfurée et très gélifs, alternant avec de petits lits marneux, très friables.

Son épaisseur est de 7 à 10 m.

Hettangien L 2

Très peu important, il est représenté par 1 m de calcaires gréseux.

Rhétien L 1 6 à 20 m

Il forme avec l'Hettangien et le Sinémurien la côte infraliasique et est un bon réservoir d'eau.

Il comprend :

- les marnes de Levallois 0 à 6 m dont la présence n'est pas constante ; ce sont des marnes rouges.

- 6 à 20 m de grès jaune ou gris, micacé et d'argiles schistoïdes noires. On peut trouver des intercalations dolomitiques.

Fossiles : Avicula contorta
Restes de poissons.

Les limites entre ces différents étages sont très difficiles à préciser à cause des affleurements rares, (les prairies couvrant cet ensemble), et des glissements fréquents. De plus, tout cet ensemble est très sensible aux poussées orogéniques qui ont pour effets de réduire les épaisseurs ou de le "bourrer" dans des poches.

...

Formations triasiques

Cet étage n'affleure pas beaucoup si ce n'est dans le faisceau bisontin à Baume-les-Dames où il forme sur très peu de distance le substratum d'une partie de la vallée. On peut également signaler une exploitation de gypse triasique à Ougney-Douvot (7 km SO de Baume-les-Dames) et il est possible que le Trias affleure près d'Avanne .

De cet étage, seul le Keuper affleure. Il est formé de :

- 20 m de marnes dolomitiques vertes ou grises
- 20 à 50 m de marnes rouges à gypse bien reconnaissables
- 10 à 20 m de dolomie grise , de taille facile; niveau à dolomie moellon
- 0 à 10 m de grès à roseaux
- 100 à 130 m de marnes à sel gemme et gypse, niveau qui a été exploité autrefois à Baume-les-Dames, Ougney-Douvot, Beurre.

Tectonique

Planches n° 13 - 14 - 15 - 16

La partie du canal entre Montbéliard et Dole traverse trois zones distinctes

Zone des plateaux préjurassiens de Montbéliard à Clerval.

Ces plateaux ne sont pas tout à fait horizontaux, mais ont une forme synclinal très évasée dont le Doubs suit l'axe d'une manière très générale. Cette forme synclinale permet l'apparition des séries supérieures du Jurassique au centre. Ouvert très largement vers Montbéliard, ce synclinal se réduit vers Clerval pour se continuer très resséré dans le faisceau bisontin.

...

Cependant, des légers plissements affectent cette zone, témoins l'anticlinal OSO - ENE d'Etouvans traversé en cluse à Dampierre-sur-le-Doubs, le synclinal SONE de Pompierre, la zone de Colombier-Fontaine.

La série ne descend pas au-delà de la Grande Oolithe. Les pendages ont en général une valeur de 6 à 8° mais aux abords des failles, ils s'élèvent toujours beaucoup. Celles-ci ont une orientation à tendance NS, et délimitent des compartiments en général effondrés côté Ouest par rapport à la faille.

Zone du faisceau bisontin de Clerval à St-Vit

Le Doubs coule le plus souvent au coeur de la zone plissée, passant rapidement d'un étage à un autre à cause de ses multiples méandres.

Cette zone plissée comprend plusieurs axes synclinaux et anticlinaux. De Clerval à Vaire-le-Grand (4 km SO de Deluz), un long anticlinal que suit le Doubs est bordé au Nord par un synclinal. Il est relayé vers Besançon par l'anticlinal de Roche-les-Beaupré, Thoraise, puis par celui de Thoraise Osselle. Rive gauche, on a un anticlinal chevauchant bordé au Sud par un synclinal entre Baume-les-Dames et Avanne.

On retrouve encore des failles de direction approximative NS avec rejet horizontal et vertical, mais presque toute la rive gauche du Doubs est bordée par des failles NE-SO. L'une d'elle court de Hyèvre-Paroisse (5 km NE de Baume-les-Dames) à Douvot (4 km NE de Deluz), relayée au Sud par le chevauchement du Doubs qui débute près de Baume-les-Dames, longe le Doubs jusqu'à Avanne et tourne dans la direction du Sud. Ce chevauchement présente une complication extrême aux environs de Besançon. En aval d'Avanne, de très nombreuses failles de direction NS et NE-SW existent également tandis que deux petits anticlinaux se dressent près de St Vit.

Les pendages varient beaucoup d'un point à un autre dans cette région plissée.

Bordure Jurassique au Sud du massif de la Serre entre St-Vit et Damparis

Cette région à morphologie plate présente un pendage

...

général de 10 à 15° vers le SO avec relèvement en bords de cuvette des couches vers St-Vit et Falletans (5 km O. de Dole) La tectonique est calme avec quelques réseaux de failles de direction générale NS vers St-Vit, Ranchot et Dole. Après Damparis, la bordure jurassique du massif de la Serre est séparée de la cuvette bressanne par une faille importante décelée par la géophysique.

Histoire de la région (1)

La transgression crétacée venant du Sud n'ayant pas dépassé Osselle, l'histoire de la région après les terrains dont on a donné la stratigraphie commence au Tertiaire.

A l'Eocène, l'émersion provoque l'altération des calcaires

A l'Oligocène commencent les déformations tectoniques provoquant des failles et faisant jouer différents compartiments les uns par rapport aux autres. L'érosion de certains provoquent la formation de poudingue (poudingue de Montfaucon près de Besançon)

Au Miocène : la transgression marine n'affecte que la Bresse, la plaine suisse et l'Alsace. Cette mer forme niveau de base à tout un réseau hydrographique qui provoque l'aplanissement des mouvements oligocènes. Cette surface d'érosion montre par les dépôts qui restent (quartzite des Vosges) que la pente était sensiblement NO-SE. En même temps, la forêt de Chaux s'affaisse ce qui va permettre le dépôt de galets vosgiens de la série inférieure que surmontera des sables à Mastadon arvernensis puis les galets vosgiens et alpins de l'Aar-Doubs. Mais au tout début du Pontien, la mer se retire, les plis commencent leur surrection n'affectant que certains faisceaux, tandis que la surface d'érosion se trouve ainsi découpée en plateaux plus ou moins élevés. Ainsi l'érosion des plateaux plus élevés va provoquer la formation d'une seconde surface aplanie en contrebas, dont les chailles de l'Argovien sont des témoins importants. De plus, le réseau hydrographique est bouleversé du fait que le sens de la pente devient EO.

...

Une phase post pontienne fragmente encore les surfaces d'érosion ; on va donc trouver ces dépôts à des altitudes différentes. En même temps elle provoque la majorité des reliefs actuels.

Enfin au pliocène, l'Aar s'écoule par la vallée du Doubs.

Depuis, quelques mouvements tectoniques ont pu se produire mais ceci est difficile à prouver. Le fait que les alluvions pliocènes de Sundgau et de la Forêt de Chaux ne soient plus en continuité directe et que certains méandres soient abandonnés (Roche d'Or, en aval de Besançon, Vaire-le-Grand en aval de Deluz, Baume-les-Dames) semblent plaider pour cette idée.

...

C) Secteur compris entre Damparis et St Symphorien-sur-Saône.

Lorsqué l'on regarde la carte géologique au 80 000e, onremarque une grande surface du Pliocène et pour faire quelques prévisions d'ordre géologique, il est nécessaire de connaitre l'histoire de la région.

D'après des sondages et la prospection géophysique faits dans la plaine de la Bresse par le B.R.G.M., on peut dire que le substratum jurassique et crétacé n'est pas une surface plane mais forme des bassins et des seuils dont l'un est l'axe : la Serre-Sennecey (20 kmS.de Châlons-sur-Saône). Ce seuil n'a pas du être démantelé plus bas que le Jurassique supérieur et est longé par le bassin de St-Jean-de-Losne Auxonne, dont le substratum est formé de crétacé inférieur.

Après une grande période d'érosion (1), on assiste à la formation progressive de la cuvette bressanne dès le début du tertiaire.

Au début de l'Eocène, la tendance est plutôt à la sédimentation par la formation de lacs, tendance qui continue à l'Eocène moyen par la formation du lac de Talmay (20 km SO de Gray) dont les dépôts sont des calcaires lacustres compacts et rosés à Planorbis pseudoammonius (Lutétien)

Au Ludien Sannoisien, l'érosion s'active au niveau des seuils où l'on voit des conglomérats à galets, de crétacé ou éocène encroutés (gompholites) à Microcodium très nombreux dans le ciment et des silex. Ce conglomérat est surmonté de calcaires ou de marnes. Dans les bassins se déposent par contre des marnes feuilletées bicolores et des calcaires marneux.

A l'Oligocène un second lac de Bresse se forme et la formation de failles bordières et leurs rejeux permettent l'accumulation d'énormes épaisseurs de sédiments.

Au Stampien on trouve des conglomérats calcaires jurassique et crétacé. Ils sont surmontés de marnes rouges plus ou moins sableuses à Helix (Chattien).

(1) cf. A. Lefavrais-Raymond (1961)

...

L'Aquitanien représente la fin du cycle sédimentaire oligocène. Les dépôts de calcaires lacustres ne sont pas affectés par l'existence des seuils ou des cuvettes car on les trouve à une profondeur constante ; ce qui permet de penser que les dépressions devaient être comblées à ce moment.

La molasse miocène semble faire défaut dans la région étudiée ; on la trouve plus à l'Est et au Sud dans la Bresse.

Le pontien, époque de la grande phase orogénique du Jura est représentée par des dépôts lacustres.

Tous les dépôts tertiaires semblent augmenter en allant vers le Sud. Avec le Miocène, l'histoire de la cuvette bressanne est terminée mais d'autres dépôts d'épaisseurs à peu près constantes, vont se former au pliocène.

Au Pliocène inférieur on a une alternance de marnes et de sables fins, micacés, blancs pouvant donner des grès ; certains niveaux sont très ferrugineux (argiles à pisoolithes ferrugineux) ; cet ensemble est surmonté de marnes à Paludines.

Au Pliocène moyen les mouvements orogéniques refoulent la mer vers la méditerrannée et l'on n'a plus alors que des dépôts fluviatiles de cailloutis à éléments grossiers et profondément altérés.

Au Villafranchien (1), une grande période d'alluvionnement et de ravinement se fait sentir. La terrasse des sables de Chagny se trouve ravinée puis remblayée par les marnes feuilletées et sables de Saint-Cosme (on ne trouve pas de Paludines ce qui les différencie des marnes du Pliocène inférieur).

Puis ce sont les glaciations et par la suite le profil de la Saône n'a pas changé déposant de nouvelles alluvions limoneuses.

Rappelons qu'au Pliocène le Doubs ne se jetait pas aussi en aval dans la Saône.
Celui-ci devait obliquer vers Tavaux pour suivre le tracé actuel du Canal du Rhône au Rhin et se jeter dans la Saône vers St-Jean-de-Losne comme le montrent les couches de gros galets siliceux vers 6 à 10 m de profondeur.

(1) Planche n° 13

...

Il y aurait eu par la suite capture par un petit affluent de la Saône obligeant le cours du Doubs à changer de direction (2). Enfin les étangs que traverse le canal près de Laperrière seraient la survivance d'un ancien lit de la Saône postérieur à la venue du Doubs dans la région.

(2) cf. Mme LETOUBLON -Menu.

RESISTANCE GENERALE DES ROCHES ET COMPOSITION DES MARNES

Roches à travailler à l'explosif

- Calcaire à gryphées du Sinémurien : utilisation pour les moëllons. Gélif. Bancs stratifiés et mal jointifs.

- Calcaire de l'Aalénien et Bajocien inférieur et supérieur. Bancs réguliers, d'épaisseurs variables pouvant être gélifs. Utilisation pour les parements et la construction.

- Calcaire du Bathonien. Durs à la perforation, brisants, assises très épaisses, diaclasées, affrants peu de joints de stratification. Utilisation pour enrochements.

- Calcaire du Callovien pouvant être gélif. Bancs stratifiés donnant des plaquettes. Utilisation pour la construction; peut également être travaillé à la pelle mécanique suivant la stratification (s'il est pris à contre-pendage).

- Calcaire de l'Argovien et du Rauracien, du Séquanien et du Kimméridgien. Utilisation pour la construction.

Roches pouvant être travaillées à la pelle mécanique

- Calcaires marneux supérieurs aux calcaires à gryphées.

- Calcaires marneux de l'Argovien : bancs réguliers de calcaires marneux de 18 à 40 % et de calcaires blancs à l'intérieur et jaune par altération.

- Calcaires marneux et crayeux du Séquanien et du Kimméridgien framentés par altération. Utilisation pour les remblais et les enrochements.

- Calcaire en plaquettes du Callovien, s'il est pris à contre pendage.

(1) - Cf. Parandier,(1882), A. Merle (1905), M. Dreyfuss (1935-1938).

...

Roches marneuses pouvant être utilisées pour les remblais

- Marnes irrisées du Keuper (sauf les marnes gypsifères et salifères)

- Marnes et schistes du Lias

- Marnes oxfordiennes, dures à l'état vierge, coulant à l'état altéré, renfermant 46 à 75 % de produits insolubles.

- Terrains meubles : éboulis et alluvions (mais pouvant être consolidés par endroits.)

Composition chimique des marnes

	Keuper salifère	Keuper gypsifère	Lias	Toarcien	Oxfordien	Séquanien
Chaux	56	Carbonate 130 Sulfate 40	400	246	45	Carbonate 350
Acide carbonique	46		335	215	37	
Silice	530	480	140	190	80	250
Alumine	240	277	35	30	30	100
Eau	100	50	35	90	20	250
Oxyde de fer	15	20	10	20	10	10
Matières Organiques	3	2			Magnésie 10	

...

Type des marnes

- les marnes du Toarcien supérieur et de l'Oxfordien sont des marnes typiques.

- les schistes à Posidonomyes du Toarcien contiennent 13 à 27 % de matières organiques.

- les marnes du Charmouthien, de l'Aalénien, de l'Argovien, du Séquanien sont quartziques et chargées en calcaire.

Elles contiennent toutes un peu de pyrite, parfois du mica (Lias) et rarement de la glauconie (Malm).

Altération de la roche sous les alluvions

Elle dépend essentiellement de l'histoire géologique de la région. Si l'eau a toujours coulé sur le fond, il n'y a pas d'altération ou très peu en général. S'il n'en est pas ainsi et que l'on voit les alluvions oxydées et décalcifiées (les fossiles en relief, les galets calcaires sont corrodés ou il ne reste plus que des galets siliceux), il est presque sûr que le bedrock est altéré en-dessous. Marnes et calcaires s'altèrent peu et sur peu de profondeur, mais le calcaire s'il est diaclasé (charnière, faille) peut devenir caverneux et être cause de pertes (pertes de la Loue vers Pontarlier).

Si la dissolution a été intense, il a pu se forner des lapiez. Ces phénomènes karstiques sont cause très souvent de déformations, de dénivellations et d'inclinaisons dans les ouvrages par suite du remplissage hétérogène des zones corrodées et de l'évolution continue du karst.

...

S E C O N D E P A R T I E

Présentation

L'étude géologique des différents emplacements d'écluses et de barrages, des tranchées importantes, du tunnel de Besançon, font l'objet de cette seconde partie. Puis quelques indications sur les biefs et zones industrielles en projets seront données à la fin. Nous avons laissé de côté les problèmes relatifs à la reconstruction des ponts.

Le plan suivi pour cette étude a été établi en fonction des données géologiques. Elles sont d'ordre :

lithologiques et stratigraphiques : type de roches sur lesquelles seront faites les fondations : calcaire, marne, alternances marne-calcaire ou sable argile.

tectoniques : présence de faille à proximité
pendage aval ou amont
pendage transversal à l'axe de l'ouvrage.

Ceci a donc conduit à morceler parfois l'étude du canal. Mais ce procédé offre moins de monotonie dans la présentation et permet d'autre part de synthétiser les différents problèmes de fondations qui vont se poser lors de la construction de l'ensemble.

Certaines remarques ont pour but de suggérer d'éventuelles améliorations. En effet, il faut chercher à éviter :

- les zones faillées : car il existe le plus souvent des bouleversements de couches et une zone bréchique plus ou moins importante, friable ou au contraire très dure si elle a subi une recimentation.

...

- les zones à pendage aval : car les bancs risquent de se casser ou de glisser sous l'effet des pressions. Mauvais pour la stabilité, ceci l'est également pour l'étanchéité car les infiltrations sont favorisées.

- les zones à pendage fort : car ceci entraine des hors-profils plus importants augmentant le volume de béton nécessaire pour réaliser le radier de l'écluse.

Par contre, ont été recherchées :

- les zones calcaires massives, de préférence aux alternances marnes calcaires ou sables argiles, comme substratum pour les écluses.

- les zones marneuses comme substratum des barrages en vue d'assurer au mieux leur étanchéité.

Il faudra toujours se rappeler qu'une certaine imprécision affecte toutes les cartes en ce qui concerne les limites des terrains **sous** les alluvions, no tre but étant de chercher à orienter les recherches futures. Le degré de précision dépend de la densité des affleurements de part et d'autre du Doubs.

Les affleurements trouvés ont été systématiquement notés sur les cartes ; des échantillons ont été recueillis, se trouvant au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Besançon avec leur lieu précis de prise.

Donnons enfin la liste des biefs successifs d'amont en aval :

- Bief d'Etupes
- " Exincourt
- " Montbéliard
- Bief de Bavans - Ecluse de Berche
- " Colombier-Fontaine
- Bief de la Prétière - Ecluse de Médière
- " Rang
- " Pompierre

...

- Bief de Roche-les-Clerval
- " Baume-les-Dames
- " Ougney
- " Deluz
- " Roche-lez-Beaupré
- " Besançon
- " Avanne
- " Thoraise
- " Osselle
- Bief de St Vit - Ecluse de Salans
- Bief de Ranchot - Ecluse de Falletans
- Bief de Dole - Ecluse de Choisey
- " Laperrière

*
* *

...

ETUDE GEOLOGIQUE

DES EMPLACEMENTS D'ECLUSES ET BARRAGES

A) Ouvrages situés sur un substratum formé par l'alternance et la superposition de sables ou grès et d'argile ou marne

Les fondations sur un tel ensemble concernent essentiellement la détermination des caractéristiques de résistance et tassement du sous-sol. Il s'agit d'un problème plus géotechnique que géologique sauf dans le cas où les sables sont aquifères ce qui impliqua une étude géohydrologique. D'une façon générale, les sables répartissent bien les pressions s'ils ne sont pas saturés d'eau mais la présence de niveaux argileux peut engendrer des nappes captives ou non.

Trois ouvrages seront construits sur ce type de substratum :

Les écluses d'Etupes,
Exincourt,
et Laperrière,

toutes situées sur des terrains tertiaires. L'étendue de ces derniers ne permet toutefois pas de faire un autre choix.

1°) Ecluse d'Etupes planches n° 5-14

Elle donne accès au bief de partage des eaux à 328,04m d'altitude.

Hauteur de chute : 7,04 m
H auteur des fondations : 329,54-317,27

...

Les cotes obligeront à construire un canal légèrement en remblai à l'amont, et les fouilles de l'écluse ne seront que de 8 à 10 m.

Sondage réalisé : (1)

E 1

	0,00		
alluvions -	0,40	-	terre végétale
	1,70	-	sable fin limoneux
	5,90	-	graviers et galets calcaires et cristallins
Oligocène -	6,40	-	grès quartzite
	8,20	-	marne gris bleuté ou rose - plastiques
	8,70	-	grès assez dur, glauconieux, fragments de
	11	-	marnes bariolées plastiques Séquanien

Conditions géologiques

Situé au bord de l'Allan sur une section entièrement canalisée jusqu'au Doubs, l'emplacement de cette écluse se trouve au milieu des terrains tertiaires du golfe de Montbéliard, séparé d'eux par une mince couche alluviale.

Ces terrains font partie de ce que l'on appelle le système de Bourogne (oligocène inférieur).

La topographie de la région est peu mouvementée du fait que ces terrains sont à prédominance marneuse.

Stratigraphie

Celle-ci a été précisée p. 18 (2). L'épaisseur de l'Oligocène inférieur est variable ; Kilian en donne une épaisseur de 40 m mais elle peut être moindre. Il peut reposer directement sur le Jurassique sans l'intermédiaire des formations éocènes que l'on trouve plutôt vers Montbéliard.

Il est formé de bancs de calcaire et grès ou de conglomérats alternant avec des marnes. Les bancs peuvent avoir de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseur.

(1) les sondages ont été déterminés par Monsieur Théobald
(2) cf. J.B. Devantoy, (1954-1958)

...

Il est difficile de repérer à quelle hauteur on se trouve dans le système de Bourogne faute de bancs repères. Les affleurements sont assez éloignés : Allenjoie, Etupes, Exincourt.

Précisons les :

1°) Zone du calcaire à Helix

- "au moulin du Bois" près d'Allenjoie : le calcaire à hélix est situé sous une série de marnes bariolées roses 6 à 7 m et au-dessus d'une zone conglomératique, gréseuse et marno calcaire (4 m).

2°) Zone conglomératique et gréseuse

- au sommet de la côte de Bourogne (cote 401) : dessous (cote 365-380 m) vient un conglomérat à galets impressionnés du Jurassique supérieur (lithographiques). Le grès à feuilles surmonte ces conglomérats (entre 365 et 380 m).

- à Allenjoie (cote 350 et 362 m) près du cimetière.

3°) Zone marneuse à Mytilus Faujassi

- affleurement entre 355 et 360 m sur le flanc E. de la côte de Bourogne. (les fossiles peuvent être recouverts par un enduit pyriteux)

- à Allenjoie lors du creusement d'un puits (voir M. Muston. Notices géologiques Montbéliard. Imp. Barbier 1881-97 p., 2 cartes, 1 pl.).

Ces marnes (10 m) doivent s'intercaler entre les 2 niveaux de conglomérats de l'escarpement auquel est adossé le village d'Allenjoie. Elles sont plus ou moins schisteuses.

4°) Zone conglomératique inférieure

Les galets sont également impressionnés mais leur origine vient du Jurassique supérieur (lithographiques) et du Rauracien (oolithiques, à Polypiers, à Nérinées). Ce conglomérat renferme parfois des grains de minerai de fer pisolithiques et de l'argile rouge.

Ce conglomérat est compact ou dissocié avec de l'argile.

...

- base de la côte de Bourogne le long de la Bourbeuse derrière l'ancien château (talus du chemin).

- Allenjoie (talus du chemin longeant la base de la butte qui domine le village à l'E et au SO).

Tectonique

Les pendages sont faibles. Il existe une faille F 1 passant dans la combe de Baume au SO d'Allenjoie. Une autre F 2 se situe sous l'emplacement de l'écluse (découverte par prospection géophysique), et a une direction presque NS.

Etude de l'emplacement

Deux problèmes se posent :

- trouver une couche résistante d'une épaisseur suffisante pour appliquer le poids de l'écluse dessus.

- éviter le passage de la faille qui empêchera très vraisemblablement d'asseoir l'écluse sur la même formation géologique.

D'après le sondage E 1, nous devons nous trouver dans les couches supérieures du système de Bourogne. Les carottes de marnes donnent une idée de cette roche, très plastique et susceptible de subir des tassements importants. Le grès intercalé (50 cm) ne semble pas pouvoir supporter le poids de l'ouvrage sans rupture. En effet, cette roche dure ne répartit pas aussi bien les pressions que les sables. Si les données géotechniques avèrent ceci exact, il sera nécessaire de réaliser un nouveau sondage qui sera approfondi suffisamment soit pour découvrir une meilleure couche en profondeur, soit pour déterminer le type de fondations à adopter.

Le passage d'une faille sous l'écluse offre de sérieux incovénients surtout dans ces terrains. Pour l'éviter, il suffira de placer l'écluse environ 150 m en amont. Nous nous trouverons alors sur la base du système de Bourogne. Il sera nécessaire de s'assurer qu'aucun accident secondaire n'affecte les couches en ce nouvel endroit et de préciser le passage de la faille F 2.

...

Pour cela on pourra le déceler à l'aide de trois ou quatre sondages sur l'emplacements même de l'écluse pour essayer de déterminer la continuité des couches. Ceci offrira certaines difficultés d'interprétation car dans toute transgression marine comme c'est le cas pour l'oligocène inférieur ici, les dépôts peuvent être lenticulaires, latéraux et les variations de faciès nombreux et rapides. Les passages

2°) Ecluse d'Exincourt Planche n° 5 - 14

Située à quelques kilométres en aval de celle d'Etupes, les problèmes sont à peude chose près les mêmes.

Hauteur de chute moindre : 5,65 m
Hauteur des fondations : 322,30 - 311,60 m

Les fouilles auront donc 7 à 8 m de profondeur et le canal à l'amont devra être construit en remblai.

Sondage réalisé :

E 2

	0,00	
alluvions -	0,45	- terre végétale
	1,55	- limon (argile)
	2,50	- alluvions tourbeuses
	3,10	- galets calcaires
	3,40	- sable
Oligocène -	6,50	- limon avec éléments détritiques remaniés
	8,50	- marnes bariolées (solifluction)
	10,30	- sable fin
	12	- marne argileuse rougeâtre

Conditions géologiques et étude de l'emplacement

Nous nous trouvons ici dans le système de Bourogne, sans doute vers la base (cf. p. 18). D'après le sondage une couche de sable de 1,80 m d'épaisseur se situe approximativement sous le radier de l'écluse. Ces sables répartissent bien les pressions mais il faudra s'assurer qu'ils ne sont pas saturés d'eau.

...

Plusieurs sondages seront nécessaires pour s'assurer de la continuité de la couche.

Si cette couche de sable ne s'averait pas suffisante pour empêcher les tassements, il faudrait songer à rechercher une couche calcaire ou gréseuse assez épaisse en profondeur. En effet, le calcaire jurassique doit être encore assez profondément enfoui. Ceci pourra se faire par sondages et plusieurs seront nécessaires pour s'assurer de la continuité de la nouvelle couche et de son épaisseur.

On pourra craindre un prolongement de la faille de la Savoureuse sous l'écluse, car ceci affecterait la stabilité des bancs et leur continuité. Ceci pourra être décelé à l'aide des sondages précédents.

3°) Ecluse de Laperrière Planches n° 12-16

L'inexistence d'affleurements autour du site conduirait à faire des prévisions s'il n'y avait pas eu la réalisation de plusieurs sondages sur l'emplacement même de l'écluse.

La hauteur de chute : 13,50 m sera la plus importante et augmentera en particulier les problèmes de tassement.

La hauteur des fondations : 193,75 - 175 m permet d'envisager des fouilles de 13 à 15 m de profondeur.

Sondages réalisés :

L 10

0,00
0,40 - terre végétale
1,00 - argile jaune compacte
2,00 - argile jaune compacte avec filets gris
3,60 - argile jaune compacte tachetée de noir
4,20 - argile moins compacte
4,60 - argile et gravier
4,80 - argile et sables agglomérés
5,35 - argile jaune avec filets marneux
5,70 - sable jaune fin, arrivée d'eau remontant à 5 m

...

5,70 - argile jaune très molle
6,40 - argile grise molle
6,60 - gravier et sables
6,70 - sable jaune marneux
6,80 - gravier et sables marneux
7,20 - gravier et sables
8,00 - gravier, sables, galets (8 à 10 cm)
13,30 - argile jaune, demie compacte
13,80 - marnes grises, compactes avec concrétions calcaires
14,20 - marnes grises ou bleues, compactes
15,20 - sable bleu, argileux, fluant, arrivée d'eau remontant à 7 m
15,60 - marnes bleues, compactes
17,40 . débris végétaux

L 11

0,00 - terre végétale
0,20 - argile jaune tachetée noir ou filets gris
3,80 - argile et graviers
4,40 - argile jaune, demie compacte
5,00 - sable argileux
5,50 - argile jaune très molle
6,00 - argile jaune légèrement molle, sableuse avec quelques graviers
6,40 - sables et graviers, arrivée d'eau remontant à 4,75 m
7,40 - graviers, sables et galets 8 à 10 cm
8,00 - graviers, sables et galets
12,90 - argile jaune, demie compacte
13,40 - argile grise, compacte
13,60 - marne grise ou bleue, légèrement sableuse, demie compacte
15,20 - sable bleu, marne fluent
15,60 - marne bleue ou noire, généralement compacte
18,00 - marne bleue avec concrétions calcaires
18,80 - marne verte avec concrétions calcaires
20 ,00

L 12

0,00 - terre végétale : remblai
0,30 - argile jaune avec filets gris ou tachetée noir
3,20 - sable argileux
3,90

...

3,90 - argile jaune avec filets blancs ou noirs, feuilletés
4,60 - sable argileux; infiltrations d'eau
4,70 - argile jaune très molle
5,50 - sable argileux avec quelques graviers
5,70 - sables et graviers, à 6 m : arrivée d'eau remontant à 3,50 m
6,40 - graviers avec dépôts marneux noirâtres
6,60 - graviers, sables, galets 8 à 10 cm
10,00 - graviers, sables et galets gris
11,20 - sables et graviers marneux
11,50 - graviers, sables, galets
11,80 - argile jaune, demie compacte
12,00 - marnes grises, légèrement sableuses
12,50 - marnes vertes, avec filets jaunes, compactes
12,80 - marnes bleues, légèrement sableuses, demie compactes
13,00 - marnes vertes, "compactes".
13,10 - marnes bleues, avec filets verts, compacts; à 13,80 m arrivée d'eau remontée à 10 m en 1/2 h. Vidé l'eau
13,50 - jusqu'à 14,20 m, remontée à 8 m en 2 h 30.
sable très marneux, fluant à partir de 14 m
14,50 - marnes bleues
15,50 - marnes vertes avec petits grains jaunes, compactes
16,50 - marnes vertes avec petits grains jaunes et concrétions calcaires
17,80 - marnes bleues avec beaucoup de calcaire } arrivée
18,40 - marnes bleues avec grains jaunes, traces de végétaux } d'eau, remonte
18,50 - marnes bleues avec concrétions calcaires } à 2,70 m
18,70 - marnes bleues et jaunes compactes
20,00

Conditions géologiques

L'enplacement n'est pas situé dans la plaine alluviale de la Saône mais sur une ancienne terrasse pliocène comme le montrent les sondages.

Le pliocène est formé pour les 3/4 d'argiles assez plastiques dans lesquelles se trouvent intercalées des couches sableuses mélangées à des graviers. Ces couches sont souvent aquifères.

...

Quelle est l'épaisseur de ce pliocène ? Il forme un ensemble assez puissant reposant vraisemblablement sur les calcaires de l'Aquitanien. A Auxonne, un sondage a été descendu en 1901 jusqu'à 284,50 m de profondeur (1). L'altitude de l'orifice était à 188 m. Voici la coupe :

alluvions anciennes de la Saône	- 0,00	
	5,25	- terre sableuse fine
	7,25	- terre sableuse fine, argileuse
	9,06	- sables et cailloux roulés, siliceux
	10,91	- sables siliceux jaune brun
Pliocène	-13,04	- gros cailloux roulés, siliceux (alt.176,96)
	23,00	- argile sableuse, jaune avec taches vertes
	26,00	- id. avec nodules calcaires
	50,40	- argiles jaunes sableuses
	51,10	- argiles sableuses et lignites brunes
		- sables grossiers, cailloux de roches avec coquilles fluviatiles ; sables plus fins avec Melanopsis brongniarti Lacard.
	57,00	
	58,10	- id. avec Melanopsis lanceolata Neumayer
	63,10	- argile gris rougeâtre, finement micacée
		- sable quartzeux, assez gros, plaquettes de grès calcarifères bruns avec des argiles marneuses jaunes (alt. 122)
Aquitanien	- 66,00	
	110,00	- calcaires et marnes blanc rose ou saumon
	140,00	- calcaire à Hélix ramondi

Ainsi, le pliocène semble trop épais pour que l'on puisse penser reporter le poids de l'écluse sur le calcaire aquitanien.

Etude de l'emplacement

Cette alternance de sables et d'argiles avec prédominance des argiles ne présente pas un bon caractère de stabilité. Mais le pliocène s'étend sur toute la région et l'on sera bien obligé de le prendre comme substratum du radier de l'écluse.

On pourra reporter le poids de l'écluse sur une couche de sables, formation qui répartit bien les pressions.

...

Cependant, ces formations contiennent souvent des nappes aquifères, aussi faudra-t-il faire attention au fait que les sables ne soient pas saturés d'eau, et que l'écoulement de la nappe ne soit pas trop grand ce qui provoquerait des "renards". L'étanchéité de l'écluse et du canal devra donc être soignée, car l'eau offre autant d'inconvénients pour les argiles et les sables ici. La stabilité ne sera vraisemblablement pas parfaite. Pour les fouilles, on prévoira une solution pour ne pas être ennuyé par les glissements ,soit en calculant la pente des talus, soit en faisant une excavation plus large d'une part,et d'autre part en empêchant tout écoulement d'eau sur les pentes argileuses.

B) Ouvrages situés sur un substratum formé par l'alternance et la superposition de marnes et calcaires.

La répartition des pressions dans les calcaires est moins bonne que dans les sables sauf dans le cas de fissurations importantes, et des infiltrations peuvent être très importantes entre les bancs calcaires et marneux. Des risques de glissements de bancs les uns sur les autres ou de ruptures de bancs sont à craindre dans ce cas. Cependant, une couche assez épaisse de calcaire peut être un bon substratum de fondation.

a) avec un pendage presque horizontal

Ecluse de Montbéliard

Planches n° 24-25-31
Echantillons numérotés avec la lettre M

Située à la sortie de Montbéliard, cette écluse comme les deux précédentes d'Etupes et d'Exincourt, n'est pas prévue avec un barrage à proximité.

Hauteur de chute : 5,85 m
Hauteur de fondations ; 316,65 - 305,75

Les fouilles auront autour de 8 m de profondeur et le canal à l'amont sera construit en remblai.

(1) L. Collot (1903)

...

Sondage réalisé :

E 3

	0,00	
alluvions	0,30	- terre végétale
	1,40	- argile grasse, rougeâtre, tourbeuse
	2,45	- galets aux sables
Séquanien	4,20	- marnes jaunes
	4,30	- calcaire
	6,30	- marnes bleues compactes - 1 échantillon
	10,50	- calcaire marneux

Conditions géologiques :

Stratigraphie

1 - Eboulis : très réduits sur les pentes
2 - Alluvions quaternaires : celles-ci ont été étudiées dans la première partie, p. 22
3 - Autre terrain de couverture : alluvions pliocènes siliceuses, figurant autour de "Mechain".
4 - Formations secondaires :
La série comprend le Séquanien supérieur et le Kimméridgien inférieur; On se reportera à l'étude stratigraphique faite. p. 25-26-28.

. Kimméridgien : dans la falaise de Ste Suzanne. ancienne Citadelle .
Calcaire à Corbis
Calcaire et marnes à Pterocères, ech.M6
Calcaires compacts

. Séquanien : dans la falaise de Ste Suzanne au pied de l'ancienne Citadelle Coteau Jouvent
Calcaire à Cardium : très crayeux, part en plaques sur 8 à 10 m de haut, Ech. M7
Calcaire à Térébratules : Térébratules souvent empâtées, taches orangées dans un calcaire beige, jaune ou gris légèrement marneux et grumeleux : passages rougeâtres avec débris de coquilles. Vers le sommet, on trouve des passages crayeux et à grosses Oolithes. Ech. M1 - 2 - 3 - 5.
Diaclases ouvertes de direction NS ou NNE,SSO avec léger déplacement parfois des pans les uns par rapport aux autres.

...

Remplissouvent de terre argileuse. Tout les 1,50 à 3 m, elles pendent de 75 à 85° vers l'Ouest.

Tectonique

On se trouve dans la zone des plateaux où la tectonique est généralement calme. L'ensemble a un pendage très léger vers l'Est, où il s'enfonce sous le tertiaire du golfe de Montbéliard.

Deux compartiments sont séparés par une faille :
. celui de Montbéliard pendant de 1 à 2° vers l'Est
. celui de Ste Suzanne affaissé de 25 à 30 m par rapport au précédent et pendant de 1 à 2° vers le NNE.

Problèmes cartographiques

Dans les fondations du nouveau pont près de "St Michel" il a été trouvé un calcaire crayeux à dendrites de Mn. Nous ne connaissons pas ce faciès dans le calcaire à Térébratules, mais nous n'avons pas de preuves pour le mettre dans une autre formation. Ech. M8 - 9.

Etude de l'emplacement

Le sondage E 3 montre que l'Allan à cet endroit coule sur les marnes séquaniennes. L'aspect de ces dernières n'est pas le même que celui des marnes homogènes de l'oxfordien ni de l'Argovien. En effet, comme le montre le sondage, on a affaire à une superposition de bancs marneux et de bancs calcaires, les bancs marneux étant prédominants.

Ceci créera des difficultés en ce qui concerne les tassements d'autant plus que l'on se trouve tout à fait au sommet des marnes séquaniennes, c'est à dire que sous l'écluse on aura toute la puissance de ce niveau, soit 25 m environ.

Les marnes "coulent" moins que les marnes oxfordiennes à cause des bancs calcaires intercalés, mais ceux-ci offrant par contre un élément favorable aux infiltrations donc au délitage des marnes.

...

Les problèmes sont donc de connaitre :

- Les caractéristiques techniques de l'ensemble des marnes séquaniennes.

Si l'ensemble ne peut supporter l'ouvrage sans risque de tassements excessifs, on pourra songer à reporter les pressions sur une roche plus solide en profondeur : le séquanien inférieur. Il faudra s'assurer de son degré de perméabilité pour en déduire sa tenue, car en surface, il est très altérable et fendillé. Mais il ne semble pas que cette solution soit susceptible d'être choisie.

- La lithologie des marnes séquaniennes sous le radier de l'écluse.

Cela peut se résoudre par l'exécution d'un sondage carotté. D'autre part, il faudra assurer l'étanchéité de l'écluse et du canal pour que l'eau ne circule pas entre les bancs calcaires et marneux situés sous l'écluse. Il sera également nécessaire de faire attention aux glissements lors des fouilles et d'éviter que les bancs de marnes soient soumis à l'action des agents atmosphériques.

Une meilleure solution serait de faire reposer l'écluse sur le calcaire à Térébratules, mais pour cela, il faudrait la reporter en amont, de 7 à 800 m environ afin d'avoir une épaisseur suffisante de calcaire. En effet, les couches sous l'effet de leur pendage, se terminent en biseau sur les couches inférieures vers l'Ouest, ici les marnes séquaniennes que l'on veut éviter.

b) avec un pendage amont

Les infiltrations pouvant intervenir sont réduites ici, du fait du pendage des couches. D'où la stabilité et l'étanchéité se trouvent accrues.

Barrage de Bavans

Planches n° 14 - 24 - 25 - 32
échantillons numérotés avec la lettre H.

Situé en aval de Montbéliard, à quelques centaines de mètres du confluent de l'Allan avec le Doubs, c'est le premier barrage prévu à partir du bief du partage des eaux.

...

Conditions géologiques

La présence d'affleurements a permis un lever géologique d'un secteur allant de Dampierre-sur-le-Doubs au confluent.

Le Doubs traverse à cet endroit l'anticlinal d'Etouvans - Mont Bart que l'on remarque bien dans la topographie. Cependant, le lever géologique montre des complications dans le secteur de Bavans transformant à coup sûr la physionomie du substratum de la plaine alluviale.

Stratigraphie

1 - Eboulis : On les trouve tout à fait en bordure de la plaine alluviale et ils sont peu développés aux dépens des roches dures.

2 - Alluvions quaternaires : leur perméabilité varie beaucoup à cause de leur disposition en lentilles de granulométrie variable mais elles restent peu perméables en général. Peu épaisses, 4 à 5 m en amont du seuil rocheux de Dampierre, le puits de Bavans descend à 3,50 m de profondeur (débit 63 m3/h, dimensions : 3 m × 3,50 m).

Il est remarquable que l'on ait affaire à deux sortes d'alluvions : en effet, rive droite, les alluvions sont siliceuses et rive gauche, elles sont calcaires, ce qui montre que le Doubs et l'Allan n'ont pas mélangé tout de suite leurs sédiments en édifiant la plaine alluviale. D'autre part, le défilé de Voujeaucourt permet au Doubs et à l'Allan de recevoir de nouveaux matériaux augmentant l'hétérogénéité de la granulométrie.

3 - Autres terrains de couverture : on trouve des terrasses d'alluvions pliocènes, siliceuses vers "Courbejun" et des argiles rouges à pisolithes ferrugineux vers Bavans.

4 - Formations secondaires :

La série s'étend de la Grande Oolithe au Séquanien inférieur dans le secteur étudié.

. Séquanien J 7, le long de la ligne SNCF, de Voujeaucourt à St Hyppolyte.

fines plaquettes crayeuses, surmontées de calcaire gris, 30 m.

...

. Rauracien J 6, bordure de la plaine alluviale à "Courbejun" (Rauracien moyen et supérieur)
- carrière rive droite près du pont de Voujeaucourt (Rauracien supérieur et Séquanien)
- route du Fort du Mont Bart

calcaires oolithiques en bancs massifs - Ech. H10- Passées lithographiques gélives à polypiers - Ech. H 11 - vers le milieu, contenant des bancs à entroques à la base des oolithes miliaires et de grosses oolithes rondes vers le sommet - Ech. H 12 -

. Argovien calcaire J 5b.
- route du fort du Mont Bart
- carrière près du pont de Voujeaucourt

calcaires marneux et siliceux : 10 m -Ech. H 6 - (Combe de Tartre)

. Argovien Oxfordien J 4 Sa : petits affleurements, route de Dampierre au golfe de Prunevelle ; puissante série de marnes et marnocalcaires: 100 à 120 m (sphérites de calcite vers le sommet).

. Callovien J 3
- tranchée de chemin de fer à Dampierre
- carrières et dolines au-dessus de Bavans

calcaire oolithique un peu gréseux, à stratification entrecroisée. Passages marneux de couleur bleuâtre à la base ; points limoniteux - Ech. H 5 - 14 - 15 à 18 m.

. Bathonien J 2
- Mont Terrot, autour de la carrière
- les Vignes (marnes)

marnes à Rhynconella decoreta (glissements), calcaire gris puis graveleux. 15 à 18 m - Ech. H 3 - 4 - Diaclases: N 50° - 11°, non ouvertes tous les 2 à 3 m.

. Grande Oolithe J 1b
- carrière du Mont Terrot

calcaires oolithiques plus marneux vers le sommet (oolithes et pisolithes désséminé s) et plus gréseux vers la base (entroques, taches bleues) - Ech. H 2 -

lits de marnes sableuses fossilifères - Ech. 8-9 (carrière en face du lieu-dit "La guillemette" près de Dampierre).

...

Tectonique

1 - les failles

Elles sont de direction sensiblement NS.

F 1 : on ne voit pas cette faille mais on peut la supposer par le léger abrupt passant dans "les champs sous souraintre" et par les différences de pendages et d'étages en contact de chaque coté de la combe près du cimetière de Dampierre. rejet 20 à 30 m.

F 2 : on la remarque bien dans la falaise bordant "le champ des murgies" et elle doit se diriger vers la combe du Tartre où les affleurements Argovien calcaire et Rauracien semblent légèrement décalés. rejet 25 à 30 m.

F 3 : on la voit près de la carrière du Mont Terrot mais elle ne se remarque pas dans le secteur de Berche. Il se peut qu'elle rejoigne F 2.

F 4 : léger décrochement d'une quinzaine de mètres qui pourrait se continuer vers les 2 failles du Mont Bart.

2 - les compartiments

Primitivement, il semble que l'anticlinal d'Etouvans - Mont Bart était un tout, la retombée côté Montbéliard étant très brusque. Puis lors de la phase de réajustement, les failles F 1, F 2 et F 3 ont décalé les compartiments. Celui de Dampierre - Bavans s'est effondré et déplacé vers le Nord par rapport à son voisin plus à l 'Ouest ; celui de Berche a joué de façon identique par rapport à celui de Bavans.

Problèmes cartographiques

- prolongements des failles F 2, F 3, F 4
- nature du substratum des alluvions entre Bavans et Dampierre
- limite des étages sous les alluvions

Etude de l'emplacement

Il semble qu'à l'endroit où le barrage se trouve placé le substratum soit formé par des roches de passage entre l'Argovien marneux et calcaire.

...

Comme beaucoup de passages d'une roche à une autre, cela ne se fait pas brusquement, et ici, dans le calcaire on trouve des réminiscences du faciès marneux. De plus, ceci doit s'étendre sur une assez grande distance à cause du pendage amont qui provoque la terminaison en biseau du calcaire rauracien sur les marno calcaires de l'Argovien. Ceci offre donc plus de rigidité que dans le cas des marnes seules, mais une étanchéité moins bonne.

Par contre, en déplacant le barrage vers l'aval de 50 à 100 m, on sera à peu près sûr de trouver un substratum de marnes alternant avec des calcaires marneux argoviens, ou de marnes homogènes oxfordiennes si l'on va encore plus à l'Ouest. De plus, on s'éloignera de la zone de confluence de l'Allan et du du Doubs, et l'on sera plus à l'abri des remous provoquant affouillement et alluvionnement. Pour le dernier problème, il serait possible de prévoir une décantation sommaire dans la plaine en amont de Voujeaucourt.

Pour s'assurer que l'on se trouve sur les marno calcaires, il sera nécessaire de placer un sondage au bord du Doubs qui traversera ces formations, de façon à connaitre :

- l'importance de leur altération
- le degré d'alternance marne calcaire
- les propriétés techniques de l'ensemble.

Ceci se fera en prélevant une carotte non remaniée qui sera envoyée en laboratoire. Si l'on établit le barrage sur les marnocalcaires de l'Argovien, il faudra calculer les propriétés techniques de la roche la moins bonne, c'est-à-dire celles des marnes .

Si l'on garde l'emplacement actuel, il sera nécessaire également d'emplacer un sondage pour connaitre le type de roche auquel on aura affaire, et faire des éssais d'eau pour voir si l'étanchéité sera suffisante. On pourra voir également si la faille F 4 ne se continue pas sous le barrage.

...

C) Ouvrages situés sur un substratum marneux

Le problème des fondations sur un tel ensemble se rapproche de celui sur un ensemble argileux. Cependant, les marnes sont plus dures et leurs propriétés géotechniques meilleures, tant qu'elles ne sont pas soumises à l'action des agents atmosphériques. Leur altération sous les alluvions modernes est certainement très peu importante. Même lorsqu'elles sont homogènes comme les marnes oxfordiennes, il faut tenir compte du pendage qui les affecte, car leurs propriétés géotechniques ne sont pas isotropes.

a) avec un amont pendage transverse

Ecluse de Berche

Planche n° 14-24-25-32

Cette écluse se situe à quelques centaines de mètres en aval du barrage de Bavans et fait partie du même bief.

Hauteur de chute : 4,75 m

Hauteur de fondations 310,80 - 301 m

Les fouilles auront 7 à 8 m de profondeur et le canal sera construit légèrement en remblai à l'amont.

En ce qui concerne la géologie, on peut se reporter à l'étude faite pour le barrage de Bavans p. 74.

Sondage réalisé :

E 4

	0,00	
alluvions -	0,60	- terre végétale
	2,10	- argile grise sableuse
Oxfordien -	4,80	- galets et sables
	7,50	- marnes bleues - 1 échantillon

Etude de l'emplacement

Le sondage E 4 permet d'affirmer que l'on se trouve sur des marnes après 4,80 m d'alluvions. Ces marnes sont homogènes et à première vue montrent peu de litages. Mais en fait, ceux-ci existent dans la structure, et comme ici on a un pendage vers l'amont de 10° environ et transverse, il existe donc une direction privilégiée de glissement , celle du pendage.

Ces marnes, si elles ne sont pas soumises aux agents atmosphériques et en particulier à l'eau, restent compactes. Autrement, elles "coulent".

...

Le problème est de connaitre :

- les caractéristiques techniques des marnes
- la profondeur du toit du calcaire callovien
- qu'aucune faille secondaire n'existe à cet endroit.

Si les caractéristiques techniques des marnes ne sont pas assez bonnes, on pourra penser à reporter les pressions sur une roche plus solide, ici le calcaire callovien. Mais à quelle profondeur se trouve-t-il ? Vraisemblablement à une trentaine de mètres. Il semble donc trop profondément enfoui pour le prendre comme roche de fondation.

Une autre solution est envisageable. Elle peut être particulièrement intéressante si les suppositions faites pour traverser le seuil de Dampierre-sur-le-Doubs dans des marnes se révèlaient exactes : mais ceci sera examiné dans l'étude du bief de Colombier-Fontaine à la fin.

En effet, le calcaire callovien remonte progressivement vers le Nord et doit affleurer sous les alluvions à 150-200 m sur la droite de l'écluse. En déplaçant donc l'écluse sur la droite de 150 m environ on pourrait l'asseoir directement sur le calcaire, roche bien meilleure pour les fondations. On pourra s'assurer de cela par prospection géophysique électrique, et découvrir ainsi où serait le meilleur site pour les fondations. Un sondage devra vérifier les hypothèses.

Avec cette solution, les problèmes de tassements seraient résolus, les travaux seraient facilités également car les marnes défloculent facilement, ce qui nécessitera la pose rapide d'un enduit protecteur lorsque les fouilles seront ouvertes. Il ne sera pas utile de connaitre la lithologie complète du Callovien sous l'écluse car on la connait par les affleurements qui existent.

Enfin, le canal devra être étanche en amont de l'écluse sur une certaine longueur, pour éviter les infiltrations tout autour de l'écluse.

2) Barrage de Rang

Situé en aval de l'Isle-sur-le-Doubs, ce barrage se trouve assez loin de l'écluse qui termine le bief.

...

Conditions géologiques (1)

D'après la carte géologique, ce secteur est plus calme que celui de Bavans. Nous nous trouvons dans la zone des plateaux en amont de Clerval, où le Doubs traverse un synclinal très évasé que l'on retrouve à Pompierre-sur-Doubs.
Les faciès se rapprochent de ceux de Montbéliard.

Stratigraphie

1 - Eboulis : - en bordure de la plaine alluviale, ils sont peu développés et permettent ainsi de trouver des affleurements presque jusqu'en bas des falaises.

2 - Alluvions quaternaires : leur perméabilité varie beaucoup suivant les endroits et sont peu épaisses en général : le sondage E 7 de l'écluse de Rang en a révélé 3,80 m d'épaisseur. Le puits d'Appenans en donne 6 m environ. Ses dimensions sont de 2 m × 6 m et le débit de 94 m3/h.

3 - autres terrains de couverture : On trouve des terrasses d'alluvions siliceuses vers "les Essarts" et au sommet de la falaise dite "Bois de la Côte de Houtre".

4 - Formations secondaires
La série s'étend de l'Argovien au Séquanien moyen. Le Séquanien affleure dans l'axe du synclinal (Bois de la Côte de la Houtre, Les Essarts nouveaux) et de chaque côté affleurent des formations plus anciennes.

Les principaux affleurements se situent autour de Rang, dans le Bois de la Côte d'Atre et dans la falaise bordant le Doubs de "Vorbon" à la ligne de chemin de fer.

Séquanien : - calcaire à Térébratules J 7d - Ech. R7-R10- Bois de la Côte de la Houtre
Calcaire brun et bleuté, compact et dur surmontant un calcaire plus gris et grumeleux qui se casse en prismes. Térébratules blanches sur les pentes. Petits fossiles empatés également.

- marnes et calcaires J 7c : 30 m environ - Ech. R 9-11-13-14 - Les éboulis cachent les zones marneuses et l'on ne voit que les bancs calcaires. Ceux-ci sont gris, à pâte très grumeleuse ou compacte dans laquelle sont disséminées de petites oolithes, des pisoolithes jaune très clair et des entroques.

(1)Planches n° 24,14,26,35. ...
Echantillons numérotés avec la lettre R.

- calcaire jaune J 7b, 15 m, - Ech. R8-

Le passage aux marnes séquaniennes se voit en contre-bas "des charmottes", sur 8 m environ, on voit une alternance de calcaire gris et jaune, avec des marnes feuilletées vers la base.

Les azimuts magnétiques des diaclases sont autour de 280° et de 210°. Diaclases espacées de 2 à 3 m souvent ouvertes, et remplies d'argile rouge de décalcification.
Ce calcaire devient de plus en plus gélif vers la base et se découpe alors en petits prismes de 10 cm de côté environ.

- calcaire blanchâtre très gélif J 7a

Calcaire d'une dizaine de mètres d'épaisseur, un peu crayeux - Ech. R 6 -

Rauracien J 6 : Bois de la Côte d'Atre. Gare de Rang

Il est formé de :

. 15 m de calcaires beige clair, en plaquettes avec des oolithes fines puis plus volumineuses surmontant :

. 10 m de calcaire jaune gélif, à oolithes miliaires et contenant des polypiers et des passages plus grumeleux - Ech. R 4-5 -

. 10 m d'un calcaire brun à grosses oolithes rondes puis miliaires (calcaire en plaquettes). Ces oolithes deviennent fines vers la base.

. 3 m de calcaires bleus et jaunes à pisolithes allongées et à oolithes très brunes.

. 5 à 6 m de calcaires "à galets"(cf. p. 34)

La limite avec l'Argovien se voit dans la falaise en amont de l'Usine de la Goulisse.
Diaclases séparées les unes des autres de 2 à 4 m en général.

Argovien

- supérieur ou calcaire : J 5b : calcaire à fossiles silicifiés blancs, massif et peu diaclasé

- inférieur ou marneux : J 5a : calcaire marneux à pisoolithes brunâtres disséminées, surmontant une alternance de bancs à miches calcaréosiliceuses dures, et de bancs marneux de 1 à 2 m - Ech. R1 - R2- R3 -

...

Tectonique

Celle-ci est douce. On ne remarque qu'un synclinal légèrement dissymétrique qui semble se terminer vers le NE au delà de la carte. Labordure SE a un pendage plus élevé que la bordure NO ce qui semble normal, les poussées dans le Jura vénana du SE.

On ne remarque pas de faille bien que nous ayions cherché à déterminer au niveau des"charnottes"soit la présence d'une faille soit celle d'une charnière. Les affleurements ne permettent pas de le dire avec une certitude absolue,mais nous optons pour l'existence d'une charnière. En effet, nous n'avond pas retrouvé de faille vers "Les Essarts", ni au lieu dit "sur Charne" au bord de la route nationale de Clerval à Rang (2 km de Rang).

Problème cartographique

-limites cartographiques autour du lieu dit "Les Lunes".

Etude de l'enplacement

Le substratum à l'endroit choisi est constitué par les narno calcaires de l'Argovien. On peut se faire une idée de leur structure en regardant l'affleurement existant près du point de cote 285 où le Doubs venant de l'Isle-sur-le-Doubs fait un coude brusque pour se diriger vers Rang. On reconnait des marnes assez dures mais friables séparées par quelques lits calcaréosiliceux ; rappelons que ces derniers bancs deviennent de plus en plus espacés et de moins en moins épais au fur et à mesure que l'on descend dans l'étage.

Le pendage étant de 8° vers le Sud, celui-ci est à peu près parallèle à l'axe longitudinal du barrage et l'on peut craindre des glissements et des tassements différentiels dans le sens du pendage.

Pour trouver une roche meilleure il faudrait le déplacer assez loin en aval, mais le pendage serait encore défavorable,et de transverse il deviendrait aval. D'autre part on ne peut espérer trouver une roche meilleure plus profondément car le Callovien doit se trouver à 60 ou 80 m plus bas.

...

Aussi trois problèmes se posent pour l'emplacement choisi :

- connaitre les caractéristiques techniques de la roche de fondation. Elles pourront être étudiées sur carotte après réalisation d'un sondage, et sur l'affleurement précité. On pourra les comparer entre elles et avec celles du barrage de Bavans.

- Etudier le conditionnement des tassements et des glissements susceptibles d'intervenir avec les données obtenues en laboratoire et sur le terrain.

- Etudier la perméabilité des alluvions par petits sondages et prospection électrique, de peur que l'eau ne contourne le barrage sur les ailes, et nuise à la stabilité de l'ouvrage.

Pour les fouilles, il sera nécessaire de tenir compte comme à Berche et Bavans que l'on se trouve sur des marnes qui se délitent facilement.

b) avec un aval pendage

Aux risques de tassements importants, s'ajoute ici celui du fluage des couches et des glissements sous l'action de la poussée vers l'aval, créée par l'ouvrage.

Barrage d'Osselle

Planches nº 16 - 24 - 29-45
Echantillons numérotés avec la lettre Z

Situé en amont de St Vit, ce barrage est très vraisemblablement implanté sur les marnes de l'oxfordien.

Conditions géologiques

Stratigraphie

La série s'étend de l'Aalénien à l'Argovien calcaire

1 - Eboulis : peu étendus sauf sur la rive gauche du Doubs

2 - Alluvions : au sondage E 18, celles-ci sont épaisses de 6,60 m. Les puits situés près d'Abbans-Dessous, descendent à 5 m environ. On peut compter sur une épaisseur de 5 à 8 m. A partir d'Osselle, elles doivent s'enrichir en éléments siliceux provenant des terrasses pliocènes.

...

3 - autres terrains de couverture : terrasse pliocène d'Osselle assez étendue. La taille des galets siliceux va jusqu'à 30 cm..

4 - Formations secondaires :

Les faciès se rapprochent de ceux de Besançon, sauf pour l'Argovien supérieur (calcaire gruneleux et marneux) et pour le Bajocien qui est plus épais.

Argovien: le long de la ligne de chemin de fer

J 5b : calcaire gruneleux, marneux en bancs devenant de plus en plus massifs- Ech. Z 1 -

J 5a : marnes avec de nombreuses chailles et miches

Oxfordien J 4 : marnes bleues

Callovien J 3 : calcaire oolithique. L'affleurement près d'Osselle ne permet pas de dire avec certitude que l'on a du Callovien. Cependant, le contexte de la carte nous a fait pencher vers ce choix. - Ech. Z 2 - 3 - 4 -

Bathonien J 2 : coupe près"d'Aranthon"au nord de la carte.

. 18 m de calcaires graveleux gélifs

. 20 m de calcaires lithographiques grisâtres puis jaunes en bancs très massifs de plusieurs mètres.

. 30 m de calcaire conpact jaune rosé à gravelles nombreuses très fines et à points roses videts.

Grande Oolithe J 1b : le passage au Bathonien se voit sur la route d'Osselle à St Vit. Le calcaire beige du Bathonien devient jaune avec des gravelles, des dendrites de Mn et des Téfébratules - Ech. Z 5 - 6 - 7 -. Le passage au Bajocien se fait par des marnes bleues feuilletées (50 cm) surmontant des calcaires bruns grossièrement oolithiques, des calcaires gruneleux bleues ou conpacts jaunes et des calcaire oolithiques à taches bleues (4,50 m).

Bajocien inférieur J 1 . 75 à 85 m : coupe sur la route d'Osselle à St Vit donnée page 44. Calcaire massif, puis marne s à la base. Diaclases : azinut magnétique 120° - 30° - Ech. Z8 - 9 -

...

Aalénien L 6b : 10 m environ : se remarque rive gauche du Doubs par des plaquettes ferrugineuses en grand nombre.

L 6a : on ne le voit pas en affleurement mais il existe surement au nord de la carte. En effet, au dessus du chemin on remarque des loupes de glissements sur les pentes.

Tectonique

On distinguesur la carte deux compartiments séparés par une faille. Nous nous trouvons à la terminaison du faisceau bisontin et les zones plissées du Jura obliquent vers le Sud à quelques kilométres à l'Ouest d'Osselle.

1 - compartiment d'Osselle : calne, il représente la terminaison d'un anticlinal passant par Torpes (près de Thoraise). Le pendage de 5° vers le SO est faible.

2 - compartiment au Nord d'Osselle : il représente le flanc sud d'un petit anticlinal de peu d'extension, faisant ressortir le Lias. Le pendage est plus élevé : 25° vers le SSE.

Les failles

F 1 ne se voit pas mais nous l'avons supposé pour expliquer le contexte de la carte

F 2 et F 3 se voient au bord de la route rive droite et sont plus difficiles à déterminer rive gauche.

Problèmes cartographiques

- passage de la faille F1
- existence du Callovien au Sud D'Osselle
- linite Oxfordien - Argovien
- linite J 1b - J 2 sous les alluvions à cause des données du sondage B 18.

Etude de l'enplacement

Le pendage aval même faible présente des dangers de glissements et provoquera vraisenblablement des tassements importants.

...

On pourra tenir compte des essais en laboratoire faits sur des marnes du même étage pour calculer le conditionnement des glissements et tassements sous une charge donnée (écluse de Berche).

La limite des affleurements sous les alluvions entre le Callovien et l'Oxfordien est imprécise et a été déterminée par construction. Cependant, on peut penser que sous l'emplacement du barrage se trouvent une vingtaine de mètres de marnes.

Une meilleure solution serait de lui donner comme roche de fondation, une formation plus stable et résistante, en l'occurence le calcaire callovien.

Pour cela, il faudrait placer le barrage en amont de 250 à 300 m. Mais d'un autre côté, le callovien offre des variations de faciès importantes et rapides (cf. p. 39) et les affleurements vus ne peuvent donner une idée de la succession des faciès dans le secteur. Certes, le pendage sera encore aval, mais on pourra amarrer le barrage en profondeur sur une roche dure et solide.

Pour résoudre ces problèmes :
- emplacer le barrage sur le Callovien
- lithologie du Callovien

On pourrait déterminer les limites Callovien - Oxfordien par prospection géophysique électrique et placer un sondage après, vérifiant les hypothèses et déterminant la lithologie du Callovien : un essai de perméabilité sera fait pour connaitre le degré de fissuration de la roche afin d'éviter le plus possible les pertes et les sous-pressions.

D) Cas où les alluvions sont trop épaisses pour asseoir les fondations directement sur le bed-rock

Les alluvions répartiraient bien les pressions si elles ne contenaient pas une nappe aquifère. Mais à cause de la circulation d'eau il faudra prévoir le report du poids des ouvrages sur le bed-rock.

...

Ceci devrait se faire sans mal car le plancher de l'écluse ne sera que de 3 m au plus au-dessus du substratum rocheux dans le cas des écluses envisagées.

1 - barrage et écluse de Salans

Planches n° 16-24-29-46

Situés près de St Vit, il semble qu'à la sortie du faisceau bisontin, les alluvions du Doubs deviennent plus épaisses et dépassent 10 m souvent, les seuils se trouvant vraisemblablement à 7,8 m de profondeur.

Hauteur de chute : 6,25 m
Hauteurs de fondations : 219,50 - 208,25 m
La profondeur des fouilles sera d'environ 10 m.

Sondage réalisé

E 19

alluvions - 0,00 - terre végétale
0,80 - graviers et sables
4,50 - graviers et sables, galets
10,50

Conditions géologiques

Stratigraphie

La série s'étend de la grande Oolithe au Séquanien

1 - Eboulis : peu importants sur les deux versants de la plaine alluviale

2 - Alluvions : elles sont épaisses et doivent s'enrichir en éléments siliceux

3 - Autre terrain de couverture : alluvions pliocènes de la forêt de Chaux au-dessus de Salans.

4 - Formations secondaires

Séquanien J 7 : calcaire lithographique gris jaune

Rauracien J 6 : calcaire à oolithes blanches à noyaux brun foncé, d'aspect miliaires, mêlé à d'autres calcaires oolithiques et pisoolithiques

. calcaire pisoolithique brun
. 10 m de calcaire oolithique à oolithes empatées dans la calcite, assez grossières, grosses entroques, pisoolithes, rares Polypiers.

...

Argovien J 5 : on n'aperçoit que les parties supérieure et moyenne autour de Salans.

- marnes gris bleu, très molles, contenant des grandes plaques de spongiaires silicifiés.
- calcaire grumeleux à petites chailles nombreuses, bancs massifs de 1 m mais peu solides. Il s'enrichit en polypiers et fossiles silicifiés vers le sommet.
- calcaires marneux fendillés séparés par de petits lits de marne feuilletée molle : niveau des "calcaires hydrauliques".

Callovien Oxfordien J 3-J4

non vu .

Bathonien J2 : falaise près du Moulin du Pré.
Calcaire lithographique et graveleux très massif, et diaclasé. Un peu gélif dans sa partie supérieure, karstifié.

Grande Oolithe J 1b : ligne de chemin de fer.
calcaires oolithiques.

Tectonique

Tous les étages ont un pendage uniforme de 10 à 13° vers le SE. Structure calme, on ne remarque pas de bouleversement si ce n'est une petite cassure à Salans qui ne doit pas avoir d'extension. La résurgence de Salans pourrait se trouver en relation avec elle.

Etude des emplacements

Ecluse et barrage se trouvent sensiblement dans les mêmes conditions :
- alluvions trop épaisses pour que les fondations reposent directement sur le substratum.
- substratum calcaire vers 11 à 13 m vraisemblablement,
- pendage trasverse pour l'écluse, amont transverse pour le barrage.

Cependant, les calcaires ne sont pas tout à fait identiques et sont plus étanches et moins massifs dans le cas de l'écluse et inversement dans le cas du barrage.

...

Les problèmes par contre ne sont pas identiques pour les deux ouvrages. Pour le barrage l'assurance de l'étanchéité est très importante, mais l'ouvrage étant peu lourd, les problèmes de stabilité sont moindres. Quant à l'écluse, les problèmes sont inversés mais il est important que le canal soit étanche en amont.

Pour l'écluse, le rocher se trouvant à peu de profondeur sous le plancher des fondations, les pressions pourront être reportées à l'aide de pieux ou piles. Il faudra que le canal soit étanche en amont pour éviter sous-pressions et "renards"; il sera nécessaire de connaitre la nature lithologique d'une certaine épaisseur de Callovien, là où seront implantées les fondations; on sait que celui-ci a des variations de faciès rapides et fréquentes.

Donc, les problèmes sont de connaitre :

- épaisseur des alluvions
- nature lithologique du bed-rock sur plusieurs mètres
- caractéristiques techniques de la roche.

Pour cela, il suffira d'un sondage, plus profond que E 19.

Pour le barrage, des problèmes différents se posent car il faut assurer l'étanchéité. Le substratum n'offre pas des qualités sûres d'étanchéité; par contre, plus en amont, les marnes oxfordiennes reposant sur le calcaire Callovien assureraient cette qualité. La situation se présenterait comme pour l'écluse de Berche. Il ne restera que le problème de ne pas permettre à l'eau de passer par les alluvions, sous l'ouvrage et sur les ailes de celui-ci.

Comme pour tous les autres barrages, il faudra solidariser ouvrage et substratum.

Pour savoir :

- où se trouve le passage calcaire callovien- marnes oxfordiennes.
- l'épaisseur des alluvions
- la perméabilité des alluvions,

...

On pourra faire appel à la prospection géophysique sismique et électrique; ses résultats permettront de placer un sondage pour prouver l'exactitude des hypothèses, et par suite le barrage.

2 - Ecluse de Falletans

Planches n° 16 - 24 - 29 - 48
Echantillons numérotés avec la lettre F.

Située en amont de Dole, cette écluse a une hauteur de chute identique à celle de Laperrière: 13,50 m.
Hauteur des fondations : 216,25 - 194,50m
Les fouilles ne seraient donc que de 7 à 8 m.

Elle fait partie du bief de Ranchot qu'elle termine.

Sondage réalisé :

E 20

	0,00	
	0,20	- terre végétale
alluvions -	1,50	- terre argileuse
	4	- graviers et sables, nappe phréatique à2,40m
	6,10	- galets et graviers
	7,25	- sables et graviers
Oxfordien? -	7,55	- galets
	10,50	- marnes grises - 1 échantillon

Ici, les marnes grises ont été interprétées comme faisant partie de l'Oxfordien, mais nous ne le pensons pas car d'après le lever géologique, on ne peut trouver de l'Oxfordien à cet endroit. Ce serait soit du Séquanien, soit des argiles faisant partie des terrains alluviaux (nous avons trouvé un galet au milieu de ces argiles dans la carotte, mais ceci n'est pas suffisant pour lever le doute, car il a pu y être amené au cours des travaux de sondage).

Conditions géologiques

La série comprend les étages Argovien, Rauracien et Séquanien inférieur. Les faciès se rapprochent de ceux de Dole.

Stratigraphie

1 - Eboulis : peu importants

...

2 - Alluvions : épaisses ; elles doivent être assez chargées en éléments siliceux.

3 - Autre terrain de couverture : alluvions pliocènes de la Forêt de Chaux qui masquent la plupart des affleurements.

4 - Formations secondaires :

Séquanien inférieur : au Sud de l'Usine de céramique de Bavans

. calcaire gris grumeleux à entroques, lits feuilletés, gris et rouges entre les bancs

. calcaire beige un peu crayeux et gélif, ou gris compact, alternant avec des bancs de calcaire oolithique non gélifs (bancs de 1,30 m à 1,50 m). On trouve également des lits de marnes grumeleuses,(jaunes,souvent feuilletées), assez épais (50 cm au plus) entre les bancs.

Fossiles : Trigonia - Astarte - Gastéropodes
Ech. F1 - 2 - 13 (200 m au Sud de l'usine de Céramique)

. calcaire blanc un peu crayeux à oolithes très fines Ech. F 3.

Rauracien J 6b : calcaire gris brun pouvant contenir de nombreux débris de coquilles avec des passages de calcaire, compact, jaune à oolithes empatées et disséminées. Passages de calcaire gris laiteux à cassure esquieuse et à taches brunes (calcaire très dur) - Ech. F 11 - 4 - 12 -

J 6a : calcaire grumeleux, gris jaune s'enrichissant en Térébratules puis en Nérinées (Ech. F 5 - 6) . Enfin, il devient très riche en Polypiers (Ech. F 10). Vers la base, il contient des fossiles silicifiés et des pisolithes bruns altérés (Ech. F 7)

Argovien : calcaire silicifié blanc (Ech. F 8) ; calcaire grumeleux blanchâtre et gris se débitant en plaquettes (Ech. F9)

Echantillons du Séquanien supérieur

F 15 : "La Combe" (tranchée SNCF au N de Bavans) Calcaire beige à grosses et petites gravelles claires.

F 14 : "Pré de l'Echo" (1 600 m au SE de Falletans) : calcaire gris beige avec trous de lithophages remplis de calcite. Passées feuilletées par endroits.

...

Tectonique

Celle-ci est calme, le pendage qui affectait les couches vers Orchamps et St Vit ne se manifeste plus ici et devient faible : 5° vers le Sud pour l'ensemble.

Problèmes cartographiques

- les affleurements sont rares côté Falletans, aussi est-il difficile de cartographier avec précision les limites, et de raccorder de part et d'autre du Doubs. (Précision sous les alluvions à 150 m près).
- la limite Rauracien -Séquanien ne se voit pas en affleurement, et il semble que l'emplacement de l'écluse soit sur ce niveau. Aussi aucune prévision précise ne peut être faite pour ce qui est de la lithologie.

Etude de l'enplacement

Les alluvions étant trop épaisses, le problème est de reporter le poids de lbuvrage sur un terrain meilleur.

Il faudrait donc trouver une roche solide en profondeur. Celle-ci existe, en l'occurence le calcaire Rauracien ou Séquanien, tous les deux pouvant soutenir l'ouvrage.

Ce qui importe donc est :
- de s'assurer de l'existence d'une épaisseur suffisante de calcaire sous les alluvions à l'enplacement choisi pour l'écluse, et que celui-ci ne contianne pas de bancs marneux.
- que les propriétés techniques du calcaire soient satisfaisantes.
- de s'assurer qu'il n'y a pas d'accident en cet endroit de la plaine alluviale.

Pour cela, la prospection géophysique par sismique autour de l'emplacement choisi sera préférée aux sondages. Mais ces derniers devront être faits pour confirmer les hypothèses, connaitre les caractéristiques de la roche : perméabilité en particulier, lithologie, et pour déceler la présence éventuelle d'une faille.

Le pendage aval et transverse n'est pas favorable mais devrait permettre tout de même à la roche de supporter l'ensemble de l'ouvrage.

...

Le poids de ce dernier sera transmis à la roche sous-jacente, sans doute à l'aide de piles qui devront traverser la roche dur une certaine épaisseur, afin de supprimer les ruptures possibles; il sera nécessaire de rendre le canal étanche en amont, afin qu'il n'y ait pas d'écoulement rapide de la nappe, provoquant sous-pressions et "renards" dans les alluvions.

3) Ecluse de Choisey

Planches n° 12 - 16

Terminant le bief de Dole, nous n'avons que peu d'indications sur les conditions géologiques de l'emplacement.

Hauteur de chute : 6,25 m

Hauteur de fondations : 201,30 - 188,50m

Les fouilles auront donc 8 à 9 m de profondeur.

Sondages réalisés pour l'usine Solvay à Tavaux et situés à proximité de l'écluse:

S 100

	0,00	
alluvions -	0,20	- terre végétale
	2	- argile jaune
	6,40	- graviers grossiers
	8,10	- graviers argileux
Séquanien ?-	10,70	- argile et petits graviers
	11,50	- calcaire

S 104

	0,00	
alluvions -	0,25	- terre végétale
	1,20	- petits graviers argileux
	2,40	- graviers argileux
	3,80	- argiles et graviers
	5,60	- sable argileux et graviers
	7,80	- graviers propres
	8,30	- graviers grossiers
	9,80	- graviers argileux
Séquanien ?-	10,90	- argile jaune
	11,50	- calcaire

Conditions géologiques

Le secteur étant d'apparence assez calme, on peut penser que le substratum est formé de calcaires séquaniens.

...

En effet, le pendage dans la grande carrière de l'Usine Solvay est faible (10°) et dirigé vers le SE, comme dans les carrières situées près de Choisey. Les formations de ces carrières sont celles du Séquanien supérieur et il semble que ces mêmes assises se trouvent sous l'écluse avec un pendage plus ou moins transverse vers l'amont.

La stratigraphie a été précisée p. 31.

Etude de l'emplacement :

Le problème sera donc d'asseoir l'écluse sur les assises.

Il faudra donc :

- s'assurer de la nature et de la lithologie des roches formant le substratum.

- connaitre les propriétés techniques de la roche

- s'assurer qu'aucun accident ne traverse la plaine alluviale à cet endroit.

- connaitre le degré de fissuration de la roche.

Ceci pourra être résolu par un sondage, approfondi suffisamment pour que l'on soit sûr de ne pas être gêné par une éventuelle couche marneuse, ce qui changerait les caractéristiques techniques de l'ensemble rocheux que nous supposons former le sous-sol à cet endroit.

On pourra vraisemblablement choisir une solution dans le sens de celle qui sera adoptée à Falletans. Il faudra

...

- se méfier des variations brusques de la nappe aquifère lorsque se produisent les crues du Doubs. En effet, la nappe s'écoule d'Ouest en Est et son écoulement se trouve bloqué lorsque le niveau du Doubs s'élève. Il s'ensuit donc une élévation rapide du niveau de la nappe aquifère. (voir à ce sujet l'étude hydrologique de la nappe alluviale du Bois de Recépage. Dossier existant au Génie Rural de Lons-le-Saunier. Etude faite par le BRGM et M. L. Glangeaud. D'autre part on pourra consulter le rapport géophysique déposé au BRGM, réalisé par la Compagnie pétrolière SAFREP. Voir également Bibliographie A. Reussner et Cie 1956).

E) Ouvrages situés sur un substratum formé par deux roches de natures différentes (marne et calcaire)

Pour des ouvrages rigides comme le sont les écluses, ce type de substratum n'est pas favorable et il vaut mieux chercher à l'établir sur un seul type de roche.

Barrage et écluse d'Avanne

Planches n° 15 - 24 - 29 -
Echantillons numérotés a vec la lettre A

Situés en aval de Besançon, la chute en cet endroit est faible : 3,50 m

Hauteur de fondations : 237 - 227 m

La profondeur des fouilles sera donc de 7 à 8 m.

Certains problèmes au sujet de ces ouvrages seront étudiés à propos du bief d'Avanne.

Sondage réalisé :

E 16

	0,00	
Eboulis -	0,90	- terre
Alluvions -	2,20	- blocs calcaires
	5,70	- galets et sables
		- calcaire très fragmenté (sans doute cavité dans le Bathonien renfermant des fragments de Grande Oolithe).
	9,50	

...

Conditions géologiques

Le Doubs traverse ici l'axe de l'anticlinal de Planoise, anticlinal qui se prolonge vers Besançon et Thoraise.

Stratigraphie

La série s'étend de l'Aalénien au Bathonien, et les faciès se rapprochent de ceux de Besançon.

1 - Eboulis : importants rive droite du Doubs, ils cachent le Lias

2 - Alluvions : peu étendues et d'épaisseur variable dans cet endroit resserré.

3 - Formations secondaires :

Bathonien J 2 près du canal', Avanne : calcaire sublithographique avec des passages à grosses gravelles, très dur et massif. - Ech. A9 -

Grande Oolithe J 1b : Avanne, Aveney, Route nationale 83. Dans la partie supérieure : oolithes fines et bien calibrées - Ech. A8 - ; calcaire oolithique très massif, passage grumeleux et marnes feuilletées dans le 1/3 inférieur, avec des passages siliceux (A6) et à entroques (A7) - Ech. A1 -10 - Avanne ; Aveney.

Bajocien J1 : calcaire à entroques - Ech. A2 - ; passages à Rhynconelles vers la base.

Aalénien peu visible en affleurement.

L 6b : calcaire ferrugineux en plaquettes - EchA3 -

L 6a : marnes bleues contenant des ammonites pyriteuses (au SE d'Aveney près du chemin) - Ech. A4-5 -

Tectonique

Nous nous trouvons juste sur l'áxe liasique d'un anticlinal aux flancs très redressés et constitués par des terrains calcaires. Le flanc NO est affecté par deux cassures, dont l'une d'elle est en relation avec une résurgence dont les eaux viennent vraisemblablement de "La Malcombe" près de St Ferjeux (faubourg de Besançon).

Les pendages deviennent de plus en plus forts à mesure que l'on s'approche des marnes liasiques : 60 à 70° vers le NE sur le flanc côté Avanné, 50° pour l'autre flanc.

...

Ceux-ci s'amortissent assez rapidement lorsqu'on s'en éloigne : 20° près de l'église d'Avanne.

Les failles à proprement parler n'affectent pas le secteur. Seuls deux cassures ont été repérées, cassures quine doivent pas s'étendre beaucoup.

Etude de l'emplacement

Ecluse et barrage tels qu'ils sont implantés présentent deux inconvénients : le fait de reposer très vraisemblablement sur deux types de roches différents, calcaire et marnes, et d'autre part que ces roches présentent un fort pendage avec nuisible pour la stabilité et l'étanchéité.

La tectonique présente l'avantage ici de faire réapparaitre les mêmes roches de part et d'autre de l'axe de l'anticlinal avec des pendages opposés.

Les inconvénients sur un flanc se transforment donc en qualités sur l'autre.

Aussi, il apparait beaucoup plus favorable d'asseoir l'ensemble sur l'autre flanc, Le pendage de transverse vers l'aval deviendra transverse vers l'amont et moins fort également : une trentaine de degré, ce qui est préféfable. D'autre part, on pourra facilement choisir un endroit où l'on aura un substratum uniquement calcaire pour l'écluse, ouvrage qu'il faudrait reculer en amont de 650 m environ. Mais il faudra se rappeler que les roches ont subi des efforts dus au plissement, et que ceci a pu provoquer des ruptures et broyages de bancs. Ceci peut être néfaste pour la stabilité.

Pour le barrage, si on le reculait sur l'autre flanc, le problème se situerait de la même manière que pour le barrage de Bavans, à la différence que les marnes et calcaires argoviens seraient remplacées par celles et ceux de l'Aalénien, et que le pendage vers l'amont serait plus fort. Suivant les propriétés techniques des marnes on pourra les choisir comme substratum pour les fondations, ou bien choisir un ensemble plus rigide, en l'occurence le passage des marnes au calcaires de l'Aalénien. Si l'étanchéité n'était pas suffisante dans ce cas il serait facile de faire un voile jusqu'aux marnes situées alors à très peu de profondeur.

Pour résoudre ces problèmes :

...

- recherche d'un substratum entièrement calcaire pour l'écluse
- degré de fissuration du massif calcaire
- recherche du passage marne calcaire de l'Aalénien L 6b - L 6a.

On préfèrera la recherche par 2 ou 3 sondages à la prospection géophysique.

F) Ouvrages situés sur un substratum calcaire

C'est la majorité des cas étudiés. Les problèmes de tassements devraient être amenuisés, mais il faudra se méfier des ruptures de bancs. Les plus grandes difficultés consiteront dans la lutte contre les circulations d'eau et pour obtenir une meilleure étanchéité.

a) Substratum faillé

1 - Barrage de la Prétière

Planches n° 14-24-26-34
Echantillons numérotés avec la lettre Q.

Situé en amont de l'Isle-sur-le-Doubs, ce barrage relèvera le plan d'eau, permettant de traverser la "côte du Chatelot" en tranchée. Mais son emplacement offre de sérieux inconvénients au point de vue géologique comme nous allons le voir.

Conditions géologiques

La série s'étend de l'Argovien au Kimméridgien et les faciès se rapprochent de ceux de Montbéliard.

Stratigraphie

1 - Eboulis : ils ne sont pas très importants le long de la côte du Chatelot car on trouve des affleurements assez bas dans la pente. Ils sont plus importants vers le coteau La Lave, et entre Médière et L'Isle-sur-le-Doubs.

2 - Alluvions: elles ne semblent pas très épaisses : 2,60 m au sondage n° 6 près de Longevelle, 2,20 m au sondage E 6.

Cependant, il est possible que nous ayons eu un remblaiement en amont de Colombier-Chatelot car le Doubs doit traverser un seuil en cet endroit. Leur perméabilité moyenne peut être indiquée grâce au puits de Colombier-Chatelot. Les dimensions sont de 2 m × 4 m et il débite 18 m3/heure.

3 - Alluvions anciennes pliocènes : elles s'étendent au nord et à l'Est de la Prétière.

...

4 - Formations secondaires :

Kimméridgien J8: autour de Médière

La limite avec le Séquanien est très difficile à déterminer. Les points marquants suivants ont été vus :

. Calcaire glauconieux placé entre J8a et J8b (Ech. Q 12-11)

. J8a est représenté par des calcaires beiges ou gris à oolithes disséminées ou en plages ; entroques, Nérinées, fossiles empâtés - Ech. Q 6-7-8-9-10-20 -

Séquanien J7 : tranchée du chemin de fer à la Prètière
côte du Chatelot
Coteau La Lave
Est du Coteau d'Ane
Bordure du canal actuel face à l'Usine hydroélectrique.

J7e : Il n'y a pas été trouvé en affleurement. Seule une carrière à l'Est de "Rontechaux" nous a laissé supposer qu'il s'agissait du Séquanien supérieur -Ech. Q 5 -

J7d : existe vers le haut de la falaise située en face de l'usine hydroélectrique et la base est formée de marnes étant donné l'existence de loupes de glissements.

Calcaire gris à taches et filets rouges, ou compact beige, se délitant en prismes, contenant des Térébratules dans certains bancs - Ech. Q 13 -

J7c : des passages marneux ont été vus sans qu'il soit possible de déterminer la succession lithologique de ce niveau. (tranchée SNCF : La Prétière, région de Blussans et Blussangeaux : au Sud et en dehors de la carte).

Le passage avec le calcaire jaune J7b a pu être déterminé (près du tunnel SNCF de la Prétière)

. 7 m: alternance de marno calcaires (1 à 2 m) gris sombre, contenant des grains de quartz et de lits feuilletés (20 cm). Oolithes fines souvent - Ech. Q 1 - . L'épaisseur des lits feuilletés augmente au fur et à mesure que l'on se dirige vers la Prétière (c'est-à-dire dans la zone J7c). Ce niveau sera certainement recoupé lorsque l'on construira la tranchée.

. 2 m : calcaire à gravelles avec des plages compactes - Ech. Q 2 -

...

4 m : calcaire compact beige jaune, très gélif.
1 m : calcaire grumeleux puis calcaire beige compact, gélif.

J7b : calcaire beige avec de minces assises marneuses, puis calcaire jaune gélif (vu vers Colombier-Chatelot et la Côte de Chatelot - Ech. Q 15-16-17 -

J7a : calcaire très crayeux et très gélif ; en affleurement, il prend un aspect très éboulleux ; très mauvaise tenue (E. du Coteau d'Ane près de F2).

. Rauracien J6 : près du Chatelot ; coteau d'Ane.

au sommet, se trouvent de très grosses oolithes miliaires souvent rosées, puis elles deviennent plus petites et jaunes. Devenues très fines, elles se mélangent à des oolithes qui se cassent et deviennent brunes. Enfin, les entroques apparaissent, et l'on touche le calcaire "à galets", gros pisoolithes ovales donnant à la roche un aspect de micropoudingue - Ech. Q3-17-18-19 -

. Argovien J5 Coteau d'Ane

J5b se voit peu et nous n'avons trouvé qu'un seul affleurement de marno calcaires au bord de la petite route existant au pied du coteau d'Ane - Ech. Q 14 -

Tectonique

1 - les failles : F 1 se voit bien près du lieu-dit "aux Vernes" et dans la côte du Chatelot. Elle se retrouve vers Blussangeaux.

F 2 se voit sur les deux rives du Doubs.

F 3 vue au Chatelot, sa direction n'a pu être mise en évidence.

2 - D'après le lever géologique, on peut distinguer trois compartiments :

- un compartiment situé à l'Ouest de la faille F 1 à la tectonique calme, et représenté par un plateau ayant un pendage de 10° vers l'Ouest ; il se relève brusquement semble-t-il au niveau de Médière.

- un compartiment (plaine alluviale) à l'Est de F 1 est limité par F 2 et F 3; relevé d'une trentaine de mètres par rapport au précédent, il offre un pendage généralde 7 à 8° vers le NE sauf près de F 1.

- le compartiment de Colombier-Chatelot pendant de 5 à 10° vers le SE est limité vers l'Est par F 2 ;

...

Il est abaissé par rapport aux deux précédents. A l'Est de cette faille, les structures sont horizontales et il semble que l'on se retrouve dans une zone non tectonisée de plateau.

Problèmes cartogfaphiques

- orientation de la faille F 3
- les limites stratigraphiques au niveau de Médière restent assez imprécises. En effet, nous ne savons où placer exactement le niveau des calcaires glauconieux et nons n'avons pas trouver d'affleurement de calcaire J7e typique.

- les limites entre "Rontechaux" et la Prétière sont très imprécises car aucun affleurement n'existe dans le secteur

Etude de l'emplacement

L'emplacement choisi est franchement défavorable :

- sur l'aile droite, : présende d'une roche très perméable et de mauvaise tenue, sur laquelle coule le Doubs et que borde une faille ayant une zone bréchique importante

d'où : . mauvaise tenue
. très mauvaise étanchéité : l'eau risque de s'emmaller en suivant la faille par-dessous le barrage

- sur l'aile gauche : présence très vraisemblable de roches de différentes natures lithologiques : calcaire et marne

d'où : . problèmes de tassements différentiels sous l'ouvrage.

Devant ces très sérieux inconvénients, il vaudra mieux choisir un autre emplacement. Celui-ci ne pourra qu'apporter de très graves ennuis.

Choix d'un autre emplacement

Plus en aval, il serait possible d'éviter la faille sous les fondations mais cela augmenterait la longueur des talus de protectioncontre l'inondation de la plaine alluviale.

Il semble donc que le plus raisonnable soit de choisir un emplacement plus en amont. Pour cela plusieurs problèmes se posent :

1 - ne pas repousser l'entrée de la tranchée plus au Nord.

...

2 - assurer l'alimentation de l'usine hydroélectrique de la Prétière.

3 - éviter que la faille F 1 ne bouleverse le substratum sous les fondations.

L'emplacement le plus intéressant à notre point de vue serait au lieu-dit "Champs des Ragiers". L'avantage serait d'avoir pour les fondations un substratum marnocalcaire assez rigide et imperméable. Le problème sera donc d'établir que les marno calcaires de l'Argovien existent sous les alluvions.

Pour cela, en plaçant correctement un sondage, on pourra résoudre ce problème et choisir l'emplacement du barrage. La situation se présente de la même façon qu'au barrage de Bavans où les roches sont les mêmes.

L'alimentation de l'usine hydroélectrique sera toujours assurée car le barrage pourra laisser déverser ses eaux dans le lit actuel du Doubs, qui restera tel que vers Colombier-Chatelot. Donc, le niveau pour la prise d'eau ne sera pas changé.

2 - Barrage, écluse de Baume-les-Dames

Planches nº 15-24-27-38
Echantillons numérotés avec la lettre U

Ces deux ouvrages sont prévus accolés l'un à l'autre.
Hauteur de chute : 9 m
Hauteur de fondations de l'écluse : 271,75 - 258 m
La hauteur des fouilles sera donc de 9 à 10 m.

Sondages réalisés :

nº 13

	0,00		
alluvions	- 0,55	-	terre végétale jaunâtre
		-	graviers et galets
Lias	- 6,05	-	marnes bleues - 1 échantillon
	11		

E 10

	0,00		
alluvions	- 4,50	-	remblai
		-	sables et galets
Lias	- 5,40	-	marnes avec passages fragmentés
	11		

...

Conditions géologiques

Stratigraphie

La série s'étend de l'Oxfordien au Toarcien. Aucune coupe n'a pu être effectuée dans ce secteur. Les faciès se rapprochent de ceux de Besançon.

1 - Eboulis et glissements masquent les affleurements rive gauche.

2 - Alluvions : . épaisses de 4 à 6 m
. peu étendues.

3 - autres formations superficielles :
. terrasse d'alluvions quaternaires à Cour.

4 - Formations secondaires :

. Oxfordien J 4 : près du Mont Journaux en bordure de F 6 : marnes bleues homogènes.

. Callovien J 3 : bordure des Roches de Buin près de la sourcede Lonot
Calcaires oolithiques et sableux, marnes (cf. Géologie générale p. 39) - Ech. U 1-2 -

. Bathonien J 2 : 60 m de calcaire compact lithographique devenant graveleux et orangé vers le sommet. Bancs marneux vers le milieu - Ech. U 3-4-7 -

. Grande Oolithe J1b : calcaire oolithique massif avec des passages marneux réduits.

. Bajocien J1 : calcaire à entroques et Polypiers, passages à silex - Ech. U 5-8 -

. Aalénien L6 : calcaire ferrugineux surmontant un calcaire marneux puis des marnes sableuses bleues - Ech. U 6 -

. Toarcien L5 : nous le supposons par construction. marnes feuilletées noires faisant pâte avec l'eau.

Tectonique

Celle-ci apparait très complexe à cause du noeud de failles qui affecte le secteur.

...

Les failles : F 1 très bien observable au Mont Journaux Le Bouleversement des bancs calcaires est assez impressionnant et la zone mauvaise s'étend sur près de 80 m. 60 à 70 m de rejet.

F 2 ; vue rive gauche du Doubs mettant en contact le Bajocien et le Lias. On peut la remarquer car la zone de glissement marquée s'arrête brusquement à son contact. Vue également près du nouveau pont, de la Nationale 492, près de Cour. Rejet : 50 m environ. A elle, sont liées des remontées de Trias gypsifère (Cf. M. Dreyfuss) 1958)

F 3 venant du Nord où elle se remarque bien en photo aérienne, cette faille ne se voit pas directement. Rejet : 30 m environ.

F 4 elle se remarque en suivant le pied des roches de Buin. Rejet : 30 m environ

F 5 petite cassure sans prolongement affectant les roches de Buin.

F 6 faille importante se remarquant bien près du Mont Journaux et lorsque l'on regarde la falaise bordant la N 492. Rejet : 20 à 30 m.

Les compartiments

1 - un compartiment limité par F 4 et F 3 ayant un pendage vers le Nord est constitué par du Callovien et de l' Oxfordien.

2 - un autre limité par F 4 et F 6 ayant un pendage vers l'Ouest, relevé par rapport au précédent.

3 - un troisième limité par F 3 et F 1 ayant un pendage général vers l'Ouest, relevé par rapport aux précédents.

4 - un ensemble assez bouleversé compris entre F 1 et F 2 assurant le raccordement entre les compartiments 1, 2,3 et le cinquième. Pendage fort vers le NE.

5 - enfin un dernier compartiment au Sud de F 2 très relevé par rapport aux compartiments 1, 2, 3 (de 120 m environ) incliné vers le Sud.

Histoire du secteur

D'après la carte, nous avons une partie Nord (1,2,3)

...

et une partie Sud (5). La partie Sud a joué par rapport à la partie Nord au moment de la phase orogénique, jeu permis par les failles F 1 et F 2 qui ont du se former avant, au moment de la phase dite "cassante". Les failles F 3, F6, F 4 se sont formées à des époques antérieures ou postérieures à la formation des failles F 1 et F 2.

Problèmes cartographiques

- tracé des failles sous les alluvions et les éboulis
- âge des failles F 3, F 4, F 6
- les failles F 4 et F 3 se prolongent-elles au delà du lieu où nous les avons arrêté. F 3 pourrait se continuer et rejoindre F 6 ce qui expliquerait les brusques coudes du du cours du Doubs.

Etude de l'emplacement

La complexité du secteur ne permet que de faire de grosses réserves quant au choix de l'emplacement. De plus celui-ci est limité par deux courbes de petit rayon : 350 m, imposées par le cours du Doubs. Il semble que les travaux de recherches seront importantes si l'on ne peut changer d'emplacement en aval ou en amont.

Pour le barrage, il serait préférable de le placer, en aval de 500 m environ. En effet, il serait assuré d'avoir un substratum marneux pour ses fondations. Il ne faudrait pas le situer près de la faille F 2 car il semble que des remontées de Trias gypsifère existent à son contact, comme ceci a été vu lorsque l'on a reconstruit le pont de Baume-les-Dames en aval de Cour. Des essais du laboratoire pour connaitre les propriétés techniques des marnes devront être faits.

Pour l'écluse , les problèmes d'emplacement sont plus compliqués : la situation la plus favorable serait de la placer entre les failles F 1 et F 2. En effet, en amont de F 1, on risque de se trouver sur le passage de la faille F 3.

L'aspect des bancs dans cette zone ne se voit pas très bien, aussi, pourrait-on dégager la falaise rive droite à une certaine hauteur pour que les éboulis ne soient pas importants. Il serait facile d'en déduire le degré de bouleversement des bancs.

...

Ceci représenterait peu de travail car le décapage ne serait nécessaire que dans certaines zones.

D'autre part, il faudrait s'assurer que la faille F 3 ne continue pas entre F 1 et F 2 ce qui créerait alors des bouleversements très importants. La Géophysique risque de ne rien donner si la brèche de faille est recimentée, mais par une campagne de sondages rive gauche et rive droite du Doubs (environ une vingtaine) et dans le lit du Doubs, cela permettrait de résoudre ce problème. On obtiendrait également des indications sur le degré de fissuration de la roche en faisant des essais d'eau.

Le mieux sera de placer l'écluse le plus près possible de la falaise rive droite où l'on aura le plus de renseignements sur l'état de la roche.

Barrage de Ranchot

Planches n° 16-24-29-47

Echantillons numérotés avec la lettre S

Situé entre St Vit et Orchamps, il permettra de créer une retenue pour l'écluse de Falletans à 15 km plus en a val.

Sondage n° 24

0,00
0,50 - Terre végétale
0,70 - argile jaune grasse
1,50 - argile jaune sableuse
2,80 - alluvions : nappe phreatique à 2,50 m
4,50 - calcaire fragmenté
5 - calcaire Bathonien

Conditions géologiques

La série s'étend du Bajocien au Rauracien. Les faciès se rapprochent de ceux de Dole sauf pour le Rauracien.

Stratigraphie

1 - Eboulis : très peu importants

2 - alluvions : au sondage n° 24, elles sont épaisses

...

de 2,80 m et ne doivent pas l'être beaucoup plus sur le seuil Bathonien entre Ranchot et Rans.

3 - alluvions anciennes pliocènes

En bordure de la forêt de Chaux, les alluvions anciennes avancent ici jusqu'à Rans et masquent les affleurements

4 - formations secondaires

. Rauracien J 6 "Les Vignottes"
Calcaire oolithique en plaquettes - Ech. S 16 -

. Argovien J 5 "Les Vignottes"

Calcaire grumeleux soit en lits minces ou en bancs plus massifs. Tendre et d'aspect marneux, il s'enrichit en points silicifiés vers le sommet, mélangés également à des oolithes aux contours flous. Il surmonte un calcaire contenant de très nombreux petits points de calcite, puis des marnes à chailles et miches. Le faciès se rapproche de celui de Dole et comme à Falletans les nodules silicifiés sont blancs et brillants souvent.

. Oxfordien J 4 : sans doute peu épais

. Callovien J 3 : gare de Ranchot

Calcaire oolithique à points jaunes, se délitant en plaquettes - Ech. S 13-12 -

. Bathonien J 2 carrière de Ranchot
NE des Vignottes
en bas de Rans

Diaclases bien développées, ouvertes, propres, perpendiculaires aux bancs tous les 2 m environ.

Calcaire graveleux avec quelques passages gris grumeleux, à points oranges ; gravelles roses parfois dans la pate. Vers le milieu on trouve des passages lithographiques jaune rosé et des passées à grosses gravelles jaunes. Quelques Polypiers. - Ech. S 1-2-6-15-17 -

. Grande Oolithe J1b : le long de la ligne SNCF, près de "Le Fourney" et près de la carrière de Ranchot. Faisant suite au Bathonien on trouve :

. 20 m de calcaires à oolithes jaunes ou blanches, miliaires plus ou moins grosses et calibrées. Un passage de calcaire crayeux vers le sommet. Rares passages graveleux ou lithographiques.

A la base de cet ensemble on trouve un calcaire marneux contenant de grosses oolithes miliaires brunes, puis des calcaires à momies et Polypiers.

/ ...

. Sur une dizaine de mètres : des calcaires marneux ou oolithiques. Les oolithes jaune vert vers le sommet deviennent brunes et se mélangent à des entroques. On peut voir également de rares taches bleues. - Ech. S 4-5-9-10-11 -

. Bajocien J1 tranchée de la ligne S.N.C.F.
Calcaire à polypiers et à silex et calcaires marneux . -Ech. S3-7 -8 -

Tectonique

Situé dans la zone calme de la bordure jurassique au Sud du massif de la Serre dont le pendage de 10 à 15° est orienté en général vers le SO , on se trouve ici sur le passage de nombreuses failles.

Les failles : F 1 : se remarque bien dans la carrière de Ranchot et on la suppose du côté de Rans.

F 2 : très bien vue à Ranchot, elle ne se voit pas à Rans. Cette rive est pauvre en affleurements, zone bréchique importante - Ech. S 14 -

F 3 : se voit dans les affleurements de Bathonien mais sa direction est imprécise.

F 4 : ne se voit pas, mais on est obligé de la supposer à cause des affleurements Rauracien et Argovien des "Vignottes".

Les compartiments :

1 - entre F 1 et F 2, compartiment assez calme ayant un pendage de 10° vers le SO.

2 - à l'Est de F 1 un autre compartiment a un pendage de 30° vers le SE semblant diminuer vers Rans.

3 - un autre compartiment limité par F 2 et F 3, pend de 15° vers le SO. Il est faillé au Sud relevant ainsi l'Argovien des "Vignottes".

4 - un compartiment situé à l'Ouest de F2 - F3 et limité par F 4 pend de 10° vers le Sud.

5 - un compartiment limité par F 4 et F 3, pend vers le SO.

...

Histoire du secteur

Avant l'établissement des failles, ces différents compartiments ne faisaient qu'un entre eux. Puis les failles F 1, F 2 et F 3 ont délimités des compartiments qui ont joué les uns par rapport aux autres. Les compartiments 1, 4 et 5 ont été soulevés par rapport aux autres tandis que les couches du compartiment 2 étaient relevées à proximité de la faille F 1. Le compartiment 3 n'aurait presque pas bougé (il aurait basculé légèrement et serait la continuité du compartiment 2).

La faille F 4 serait venue après, relevant les compartiments situés au Sud d'une trentaine de mètres.

Problèmes cartographiques

- tracé des failles F 1 et F 2, côté Rans et sous les alluvions
- tracé de la faille F 4
- continuité de F 3 sous les alluvions.

Etude de l'emplacement

Les mauvais affleurements ou leur inexistence au niveau des failles, côté Rans, déterminent un problème quant aux tracés des failles sous les alluvions, car leur raccordement avec celles que l'on voit, côté Ranchot, est difficile à faire.

Néanmoins, il est certain que le barrage à l'endroit choisi sera placé sur le calcaire bathonien, peutêtre diaclasé et broyé, car la faille F 2 doit passer à proximité. Ce calcaire très dur mais karstifié ne peut laisser une bonne impression : l'étanchéité sera très aléatoire. En effet, malgré les deux rideaux de palplanches à l'amont et à l'aval du barrage, l'eau s'infiltrera par les diaclases, les élargissant petit à petit, et offrant donc des dangers de mauvaises stabilité au bout d'un certain temps. De plus, malgré les palplanches, les alluvions sur lesquelles sera posé le radier du barrage (qui ne sera pratiquement jamais construit sur la roche en place), ces alluvions seront réalimentées en eau par les diaclases du calcaire, et il pourrait s'ensuivre un écoulement assez rapide de la nappe sous le radier. Ceci n'est donc pas favorable, et si cet emplacement était définitivement choisi, il faudrait prévoir des travaux assez importants d'étanchement par cimentation des diaclases.

...

Existe-t-il des emplacements favorables à proximité ?

1°) En aval où la carte géologique laisse espérer l'existence d'un substratum marneux sous les alluvions.

. Soit on pourra choisir un emplacement dans le lit du Doubs, entre les failles F 3 et F 4. Il semble en effet que les marnes oxfordiennes recouvrent les calcaires calloviens dans ce secteur. Mais, il sera nécessaire de faire une prospection géophysique de la plaine alluviale pour s'assurer :

- de la continuité de F 4 sous la plaine alluviale
- du passage de F 3 sous la plaine alluviale
- de l'existence des marnes sur le calcaire callovien
- de l'épaisseur des alluvions.

Les hypothèses émises par la géophysique devront être vérifiées par sondages.

. Soit on pourra choisir un emplacement en aval de F 4 après la zone calcaire callovobathonienne. L'Argovien et l'Oxfordien affleurent dans la plaine alluviale mais nous sommes en dehors de la carte levée. Le pendage et la lithologie des terrains pourront être déterminés à l'aide d'un sondage. Cependant il existera un inconvénient à cet emplacement. Le pendage sera transverse vers l'aval, offrant donc plus de facilités aux tassements et glissements des couches les unes sur les autres.

L'inconvénient d'un emplacement à l'aval de celui actuellement prévu sera l'inondation du bas village de Rans. Aussi ces propositions offrent des aléats à ce point de vue.

2°) En amont de 1 km environ doit exister le passage Callovien - Oxfordien sous la plaine alluviale (au droit de Dampierre). Ce nouvel emplacement offrirait l'avantage de faire reposer le barrage sur la limite calcaire marne dont le pendage serait de 10 à 15° vers l'amont. On serait assuré d'avoir de bonnes conditions au point de vue stabilité et étanchéité. Mais ceci nécessiterait de placer le barrage à une cote plus basse qu'à Ranchot, par rapport à la plaine alluviale. La limite calcaire marne pourra être recherchée à l'aide de la géophysique (prospection électrique) et les hypothèses émises seront vérifiées par sondage.

...

b) avec un pendage amont et transverse

1 - Barrage et écluse de Roche -lez-Beaupré

Planches n° 15-24-27-41
Echantillons numérotés avec la lettre Y

Situés en amont de Besançon, barrage et écluse sans être accolés, se trouvent sur des formations calcaires ayant le même pendage.

Hauteur de chute : 3 m (la plus faible)
Hauteur des fondations : 251 - 239,50 m

Donc la profondeur des fouilles serait de 9 à 10 m pour l'écluse.

Sondage réalisé

E 14

	0,00	
alluvions	0,70	- terre végétale
	3,40	- sable fin, limon sableux
	6,90	- galets avec sables
	7,10	- rognons de calcaire fragmenté
Séquanien	7,40	- calcaire fragmenté
	11,50	- calcaire fissuré avec un passage de marnes noires à 10,50m

Conditions géologiques

La série s'étend de l'Argovien au Kimméridgien. Les faciès se rapprochent de ceux de Besançon.

Stratigraphie

1 - Eboulis : ils sont assez importants sur la rive gauche du Doubs en particulier au niveau de "la Canaie". Au niveau de J 7ab on trouve cependant des affleurements dans la côte, ce qui montre là des éboulis moins épais. Ceci est dû à ce que au-dessus se trouve le replat des marnes séquaniennes qui arrêtent les éboulis venant de plus haut. C'est à ce niveau J 7c qu'ils sont les plus importants et ils montent alors presque jusqu'au Kimméridgien.

...

2 - alluvions : elles sont assez épaisses : 7 à 8 m. Le puits de Roche-lez-Beaupré débite 300 m3/heure pour des dimensions de 2 × 5,95 m.

3 - alluvions anciennes :

- une terrasse récente quaternaire du Doubs s'étend de Thise à Roche-lez-Beaupré. C'est une des seules qui soit aussi importante dans la vallée.

- On ne remarque pas d'alluvions pliocènes dans le secteur.

4 - formations secondaires :

. Kimméridgien J 8 : Côte de Joux, Côtes Ravannes

Calcaire lithographique jaune surmontant deux bancs glauconieux.

. Séquanien : Côte de Joux, Côtes de Ravannes.

J 7cde : 25 m de calcaire et marnes - Ech. Y 3-4-5.

J 7ab : 25 m de calcaire gris compact, ou en plaquettes surmontant une dizaine de mètres de calcaire jaune clair, de marno calcaire crayeux et de calcaire gris foncé. - Ech. Y 1-2 -.

. Rauracien : J 6 : rive gauche et droite du Doubs.

Calcaire oolithique . - Ech. Y 7-8-9-10-11 -

- au sommet, ce sont des calcaires compacts contenant des Polypiers pouvant être très gros, passant latéralement à des calcaires oolithiques.

- puis on a des calcaires à oolithes miliaires blanches.

- puis des calcaires à oolithes fines, claires ou brunes qui se cassent; Entroques, points légèrement silicifiés parfois. Ce niveau est assez gélif (parallélépipèdes ≈ 15 × 7 cm). Dans le bois de Vaivre (carrières) les diaclases sont orientées autour des angles 352° et 98° (azimut magnétique) tous les 3 m environ.

- puis des calcaires oolithiques à entroques et fossiles silicifiés. Les oolithes sont assez grosses rondes, pas toujours calibrées.

...

. Argovien J 5b : calcaire gréseux gris devenant noir vers la base. Fossiles très silicifiés qui font saillie. Entroques. - Ech. Y 6 -

J 5a : chaille et miches enrobées dans des marnes grasses. - Ech. Y 12 -. Sphérites de calcite et fossiles nombreux (pentes dominant le village de Chalèze).

Tectonique :

Nous nous trouvons au début de l'anticlinal de la Citadelle que nous voyons se continuer jusqu'à Thoraise. Ce début est très doux et se fait à peine sentir ici. De ce fait, les pendages sont faibles : 15° vers le SE rive gauche du Doubs, et horizontaux au Bois de Vaivre.

Il semble qu'au niveau de la Canaie, existe une cassure peu importante et ne se prolongeant vraisemblablement pas. Elle releverait le secteur des côtes Ravannes d'une quinzaine de mètres.

Problèmes cartographiques :

- existence de la cassure
- tracé des limites d'étages sous les alluvions.

Etude des emplacements

Pendage et substratum semblent favorables tout au moins en ce qui concerne l'écluse. Celle-ci sera implantée très vraisemblablement sur le calcaire Rauracien, très massif mais diaclasé.

Pour le barrage, il serait préférable de l'asseoir plus en aval sur la limite Argovien - Rauracien. En effet, où il se trouve, les calcaires ont une grande épaisseur, sans espoir de trouver à peu de profondeur des marnes. Certes, il en existe d'après le sondage E 14 mais celles-ci ne sont pas importantes et n'offrent sans doute pas des garanties d'étanchéité suffisantes.

Par contre, plus en aval, à l'endroit indiqué, on aurait à peu de profondeur les marnes argoviennes. Dans ce dernier cas, pour savoir à quelle profondeur elles se trouvent, il suffirait de placer un sondage sur la rive gauche du Doubs à 600 m environ en aval de l'emplacement prévu de l'écluse et

...

il serait approfondi jusqu'aux marnes. Pour plus de commodité dans les travaux l'écluse pourrait être portée plus en aval d'une centaine de mètres sans inconvénients au point de vue géologique. Dans ce cas, on pourra comparer les caractéristiques techniques des roches avec celles du barrage de Bavans et celles de l'emplacement conseillé du barrage de la Prétière.

2 - Ecluse de Besançon

Planches n° 15-24-28-42

Située à la sortie Ouest du tunnel, elle a une hauteur de chute importante : 9 m
Hauteur des fondations : 247,70 - 230,50 m
Les fouilles auront donc autour de 8 m de profondeur.

Conditions géologiques

L'emplacement étant fonction de l'axe du tunnel, nous étudierons celles-ci avec le tunnel. Cependant, il est possible d'étudier à propos de l'écluse les formations récentes et son emplacement. La stratigraphie des formations secondaires a été donnée page 27 et page 30.

Formations récentes

1 - Eboulis : ils sont assez importants dans les falaises qui bordent le Doubs. Mais ils doivent être peu épais dans cette partie car nous trouvons des affleurements très bas.

2 - Alluvions : il existe deux puits pas très loin dans la plaine :

- celui de l'UAC dont les dimensions sont de 2 × 8 m et qui débite 600 m3/heure pour un abaissement de 6 m.

- celui de Beurre dont les dimensions sont de 2 × 5,60 m et qui débite 133 m3/heure..

Les alluvions semblent donc épaisses, mais ceci est variable. Elles le seront sans doute moins à l'emplacement de l'écluse.

Etude de l'emplacement

Lié au tunnel, regardons si les roches de fondations sont satisfaisantes. Il semble que l'on se trouve à la limite des formations dites "calcaire à Térébratules"et"marnes séquaniennes"

...

D'après les affleurements, route de la Chapelle des Buis, cette limite est formée de calcaires gris avec des passages de marnes feuilletées.

La formation ne sera pas tout à fait homogène, et il y aura donc des risques de glissement de bancs (les marnes jouant le rôle de lubrifiant) car le pendage est fort et transverse à l'axe de l'écluse (50° vers le SSE). Les bancs semblent massifs mais diaclasés à cause de la forte poussée qu'ils ont subi lors de la formation de l'anticlinal de la Citadelle dont ils font partie.

La repousser vers le Sud ne peut être favorable au point de vue stabilité, mais par contre, la déplacer vers le Nord même de quelques mètres, ferait qu'elle se trouverait sur les marnes séquaniennes, roche beaucoup moins bonne par conséquent. On peut donc proposer d'aller le plus possible vers le Sud. Nous verrons à propos du tunnel que la distance sur laquelle on peut la déplacer vers le Sud se trouve très limité, mais seulement quelques mètres de gagné ne peut être que favorable.

c) avec un pendage presque horizontal

Les conditions restent favorables à la stabilité dans ce cas, mais un peu moins que dans celui d'un amont pendage pour l'étanchéité.

1 - Ecluse de Médière

Planches n° 14-24-26-34

L'écluse géologique du secteur a été faite pour le barrage de la Prétière p. 98. L'écluse, en aval se trouvera au niveau de Médière.

Hauteur de chute : 12,25 m
Hauteur des fondations : 301 - 282,50
Les fouilles auront donc environ 9 m de profondeur.

Sondage réalisé :

E6

	0,00	
Alluvions	1,10	- terre végétale
	1,60	- sable fin jaune, limon
Séquanien	2,20	- sables et galets
	10	- calcaire bleu avec 9 passages d'argile jaune ou grise.

...

Ce calcaire à taches bleues où l'on trouve des Térébratules a un aspect aux joints crépiné et noir. Il a un aspect tout à fait analogue à celui vu dans la tranchée S.N.C.F. à l'Ouest du lieu-dit "aux Perches".

Vers 7,80 m, le calcaire devient beige clair avec de rares oolithes empatées.

Etude de l'emplacement

Etablie sur le niveau des calcaires à Térébratules, cet emplacement n'offrira vraisemblablement pas de difficulté. Il suffira d'asseoir l'ouvrage sur un banc calcaire suffisamment épais ce qui pourra être recherché par un sondage plus profond que E 6. En effet, à peu de profondeur, se trouvent les marnes séquaniennes et il sera donc nécessaire de connaitre jusqu'à une certaine profondeur la succession des couches du bed-rock.

Cependant, il faudra craindre qu'une charnière assez douce semble-t-il existe à cet emplacement, ce qui serait moins favorable pour la stabilité. On pourra s'en assurer par une série de sondages le long de l'emplacement de l'écluse, à moins que l'on préfère la mettre plus en aval ou plus en amont pour éviter ce phénomène. Plus en aval, le pendage deviendrait amont, plus en amont, le pendage deviendrait aval. Pour être sûr de ne pas se trouver sur la charnière, il faudrait l'avancer ou la reculer de 200 à 300 m par rapport à l'emplacement actuel, mais avec risque accru de rencontrer les marnes séquaniennes en aval.

2 - Ecluse de Rang

Planches n° 14-24-26-35

L'étude géologique du secteur a été faite à propos du barrage de Rang (p. 80)

Caractéristiques de l'écluse

Hauteur de chute : 6,25 m
Hauteur des fondations : 288 - 276,25m

Sondage réalisé :

E 7

0,00
0,30 - terre végétale jaunâtre
1,10 - argile sableuse jaune

...

1,10 - argile grise
Alluvions-2,90 - graviers et galets
Séquanien-3,80 - calcaire fissuré beige clair, Nérinées,
9,50 - tourbe (passages avec oolithes miliaires
9,70 - calcaire
10

L'écluse se trouve donc au niveau du Séquanien inférieur J 7ab. Le calcaire étant enfoui, n'est pas soumis au phénomène de la gélivité, mais le sondage montre tout de même près de 6 m de calcaire fissuré. Pour éviter les pertes par le substratum, il sera nécessaire de créer un canal étanche en amont.

Etude de l'emplacement

Il semble favorable. Seul un problème d'ordre géologique serait à préciser. En effet, nous avons vu qu'au niveau des "Charmottes", existait soit une charnière soit une faille dont il a été impossible de préciser lequel des deux phénomènes existait. Il se peut que la charnière offre une cassure qui ne se prolongerait pas très loin.

Néanmoins, les deux cas ne sont pas très favorables au point de vue géotechnique et il serait préférable de s'en éloigner pour ne pas avoir de surprise. La direction de cet accident semble orientée NS, si bien qu'il pourrait affecter les couches rocheuses à la tête aval de l'écluse.

Pour plus de sureté, on pourrait reculer en amont l'écluse d'une centaine de mètres. Les alluvions ne semblent pas très épaisses : 3,80 m à E 7 mais il sera nécessaire de faire d'autres sondages à l'emplacement même des travaux pour connaitre l'épaisseur des alluvions et en déduire le coût des fouilles.

3 - Barrage, écluse d'Ougney-Douvot

Planches n° 15-24-27-39

Situés en aval de Baume-les-Dames, ces deux ouvrages seront accolés l'un à l'autre.

Hauteur de chute : 6,25 m
Hauteur de fondations : 263,35 - 251,50 m
Les fouilles auront donc environ 8 à 10 m.

...

Sondages réalisés :

E 11

	0,00	
Alluvions -	0,20	- terre végétale jaunâtre
	3,10	- sable fin jaune, limon
	3,80	- sable fin grisâtre
	4,60	- sables avec rognons
Bajoc. Inf	7,70	- galets, graviers, sables
	9	- calcaire à entroques

n° 13 bis

	0,00	
	0,20	- terre végétale grisâtre
	1,90	- remblai
Grande Ooli.	3,60	- sable fin, argileux, limon
Bajoc. Inf.	7	- calcaire à entroques et oolithes fissuré
	9	- calcaire à entroques avec passages d'argile jaune

Conditions géologiques

La série s'étend du Trias au Bathonien

Stratigraphie

1 - Eboulis et glissements : ils sont très importants dans la falaise d'Ougney-le-Bas, beaucoup moins du côté d'Ougney - Douvot (Ech. O 1). Ceux-ci recouvrent toute la série liasique et même le Bajocien. Les glissements affectent les pentes et il semble que rien ne soit en place autour d'Ougney-le-Bas.

De plus, un cône d'éboulis très important descend jusqu'au Doubs près d'Ougney-le-Bas. Ces éboulis sont plus ou moins cimentés mais la route qui le borde tend constamment à glisser par saccades dans le Doubs. Ce serait sans doute le reste d'un écroulement important de la falaise 250 m plus haut, provoqué par un glissement sous-jacent que l'on arrive à situer sur la carte. Léchés par le Doubs, les restes de cet écroulement vont alimenter les alluvions. Il faut voir là, la cause des déboires que crée cette route à la commune, aggravés par les ruissellements sur le versant imperméable, et qui doivent donc traverser ce cône d'éboulis instable.

2 - alluvions : elles semblent assez épaisses d'après le sondage E 11, le sondage n° 13 bis étant tout près du bord. Ceci n'a rien détonant car le Doubs est encaissé entre deux falaises.

...

3 - alluvions anciennes : un très petit reste de terrasse quaternaire a pu être observé sur la Grande oolithe près du pont.

4 - formations secondaires : seuls la Grande Oolithe et le Bathonien sont observables. Sinémurien, Toarcien, Aalénien et Bajocien se retrouvent dans les éboulis mais aucun échantillon n'est en place, et même les éboulis de Lias sont assez rares. Le Trias est excessivement rare en éboulis.

. Bathonien J 2 : se trouve haut au-dessus du Doubs. Calcaires très compacts lithographiques.

. Grande Oolithe J 1b : autour d'Ougney-Douvot. Sans qu'il n'y ait de coupe précise dans le secteur, nous pouvons donner la succession des faciès.

Passage au Bathonien : route d'Ougney à Séchin; calcaires beige jaune, graveleux ou gris à taches violettes ou grises, à oolithes jaunes disséminées. - Ech. O 4-5-6-7-8-. puis calcaire oolithique à passages compacts - Ech. O 9-10-11-13-14 -. Vers la base, on trouve un calcaire grumeleux à Pecten et Brachiopodes, puis un calcaire à oolithes rondes avec des pisoolithes vidacés et des Entroques - Ech. O 2-12 -.

Ce dernier niveau est très massif. Les diaclases sont ouvertes et propres, se retrouvent tous les 3 à 4 m. Azimut magnétique : 10° - 275° dans l'ensemble.

Sous ce niveau se trouve le calcaire Bajocien, contenant des lits marneux dans la zone de passage à la Grande Oolithe, et sur lequel reposeront les 2 ouvrages - Ech. O 17.
Autres échantillons : Lias O 16 - 18 - 19 - 20
Trias O 15

Tectonique :

Les compartiments :

- plateau de Roulans au Nord, constitué de Grande Oolithe et Bathonien ici; les pendages sont presque horizontaux.

- zone anticlinale du Sud : le flanc Sud est constitué de Lias et Dogger. Pendage vers le SSE de 30°.

...

- une seconde zone anticlinale située au Sud de cette dernière et déversée sur celle-ci, constituée de Grande Oolithe ici.

. Les failles

Elles sont très importantes.

- la première F 1 sépare le plateau de Roulans de la première zone anticlinale. Elle vient d'assez loin en amont (de Baume-les-Dames) et semble disparaitre non loin vers l'Ouest l'Ougney-Douvot. On ne la voit pas directement mais on peut la supposer vers "le Ponton".

En effet, au Sud de celle-ci on voit des loupes de glissements de marnes liasiques, ce qui ne se voit pas au Nord. De plus on peut voir une petite source au bords de la plaine alluviale. Enfin le sondage 12 ter situé plus en aval indique du Bajocien.

Cette faille doit passer également vers Ougney-le-Bas dans le Doubs, car rive gauche, on ne voit que des marnes, et rive droite les falaises de la Grande Oolithe. Mais ceci reste à prouver ce qui pourrait se faire en implantant un seul sondage rive gauche. Cette faille est dédoublée au niveau du pont : en effet, on voit le flanc inverse de l'anticlinal.

- la seconde faille F 2 , faille de chevauchement, sépare les deux zones anticlinales. Elle vient de Baume-les-Dames et se continue bien au-delà de Besançon vers Quingey.

- une cassure peut être mise en évidence dans la falaise dominant Ougney-le-Bas. Peut être est-elle en relation avec le glissement près d'Ougney-le-Bas.

Problèmes cartographiques

- tracé de la faille F 1 durtout vers Ougney -le-Bas
- limites des étages liasiques
- existence du Sinémurien L 3 à l'Est d'Ougney-le-Bas.
- le Trias n'a été vu que par un échantillon de dolomie.

Etude de l'emplacement

Il semble excellent en ce qui concerne l'écluse. En effet, elle reposera directement sur le Bajocien inférieur, roche dont les qualités de stabilité seront nettement suffisantes.

...

Les caractéristiques techniques de la roche seront sans doute à rapprocher de celles de l'écluse de Avanne faite également sur le Bajocien inférieur.

Par contre, pour le barrage, des difficultés d'étanchéité seront à craindre. Il semble difficile de le placer à un autre endroit pour lui trouver une autre roche de fondations. Le massif de Grande Oolithe est diaclasé comme nous l'avons vu et comme le prouve une résurgence près d'Ougney-Douvot. Quelques filets argileux existent d'après le sondage 13 bis, mais il semble que ce soit de l'argile de décalcification dans des fissures (ceci met ainsi en relief le caractère diaclasé du calcaire). Il se peut également qu'existent des filets marneux entre la Grande Oolithe et le Bajocien ce qui pourrait être intéressant à rechercher sous les fondations du barrage. Certes ils seront sans doute insuffisants pour assurer une bonne étanchéité mais ils pourront aider à en établir une.

Donc le problème est :

- de rechercher les filets marneux pour les utiliser en vue d'une meilleure étanchéité. C'est le seul moyen naturel utilisable et cela peut paraitre "maigre".

Pour cela un sondage placé à l'endroit prévu pour le barrage permettra de s'assurer qu'ils existent on non peu en profondeur, et de connaitre dans le premier cas, leur épaisseur leur nature, leurs caractéristiques, leur nombre.

Un problème particulier se pose également à propos de la faille F 1. En effet, on suppose que celle-ci suit le cours du Doubs près d'Ougney-le-Bas, puis passe sous le cône d'éboulis et rejoint le Doubs plus en aval. La hauteur de chute 6,25 m créera une charge supplémentaire, et l'eau risque de suivre la faille et de provoquer des ennuis dans la zone du cône d'éboulis sur lequel se trouve une route, puis dans la zone triasique qui fut exploitée autrefois (galerie). Poursuivant son trajet, elle pourfait rejoindre la source vers "le Ponton", court-circuitant la zone de l'écluse et du barrage. Certes, le volume ne sera sans doute pas énorme, mais il serait bon de s'assurer du passage de la faille dans le Doubs et au besoin d'étanchéiser le canal à son passage sur celle-ci.

...

4 .- Ecluse de Thoraise

Planches n° 16-24-29-44
Echantillons numérotés avec la lettre T

Située en aval de Besançon, elle se trouvera à la sortie d'une tranchée peu longue mais assez importante.
Hauteur de chute : 6,25 m
Hauteur de fondations : 233,20 - 221 m
Les fouilles auront donc environ 8 m.

Sondages réalisés :

E 17

	0,00	
Alluvions	0,65	- terre végétale
Bajoc. Inf.	5,05	- galets, sables
	6,50	- calcaire fragmenté
	11,00	- calcaire fissuré à entroques. argile jaune dans les fissures

E 17 bis

	0,00	
Alluvions -	0,35	- terre végétale
",Eboulis-	2,50	- argile jaune et limon sableux
	4	- sables et roche fragmentée
Bajoc. Inf.-	5,50	- galets et sables
	11	- calcaire fissuré et fragmenté à Entroques.

n° 18

	0,00	
	2,50	- bloc calcaire et argile jaune
	11,40	- calcaire fissuré verticalement
	12,80	- argile jaune, cavité de dissolution
	20,80	- calcaire fissuré. Entroques Baj.
	23,50	- calcaire à Entroques
	25	- calcaire fissuré avec veines bleues
	29,80	- calcaire fissuré et fragmenté
	33	- passage d'argile jaune dans calcaire fissuré

Séries des calcaires à Polypiers.

Passage de la faille F 2 ?

...

Conditions géologiques

La série s'étend du Lias au Bathonien inférieur.

Stratigraphie

1 - Eboulis : ils sont en général importants au SE de la faille F 2. Au nord, les reliefs étant moins accusés les éboulis sont peu alimentés.

2 - Alluvions : épaisses de 5 à 6 m, il semble que le bed-rock soit altéré sur plusieurs mètres au-dessous. Peut-être est-ce du au passage de la faille F 2 dont la zone bréchique semble importante.

Il existe un puits à Torpes qui donne 10 M3/heure au village. Près de Grandfontaine, le puits du couvent de Béthanie donne 32 m3/heure. Ses dimensions sont de 2 × 6 m.

3 - alluvions anciennes :

. terrasses d'alluvions quaternaires

La plus importante est située autour du monticule du village de Thoraise. Elle domine de quelques mètres la plaine alluviale.

L'autre, dont il ne reste qu'unlambeau exigü au Sud de Thoraise , est située à un niveau supérieur à la précédente. Les galets sont cimentés par du carbonate de calcium.

. terrasses d'alluvions pliocènes

A l'Ouest de Thoraise ; on en trouve également un lambeau au-dessus du tunnel du canal actuel (Percée de la Thoraise).

4 - Formations secondaires

Le Lias est entièrement recouvert par les éboulis et les alluvions du Doubs en contrebas du ND du Mont. Seuls, Bajocien et Grande Oolithe et la base du Bathonien se voient en affleurements.

. Bathonien J 2 : Sud de Thoraise
Ancienne Verrière

Calcaire lithographique beige clair - Ech. T 13 - surmontant un calcaire graveleux fin - Ech. T 9-10 -. Puis ces gravelles sont mélangées à de plus grosses.

...

- Ech. T 12 -. On voit de nombreux dendrites de Mn dans la pate - Ech. T 4-5 -

Le passage à la Grande Oolithe se fait par un calcaire lithographique à points jaunes.

. Grande Oolithe J 16

Thoraise, ND du Mont à l'Ouest de Thoraise. Près de Ancienne Verrière en bordure de l'usine.

vers le sommet :

- calcaire oolithique avec dendrites de Mn - Ech. T 18- surmontant un calcaire à Oolithes très fines et bien calibrées - Ech. T 11 - Entroques, Nérinées. Puis calcaire à pisoolithes - Ech. T 6-17 -. Il existe des bancs à belles Oolithes beiges ou brunes - Ech. T 2-1 -.

- passages marneux à nombreuses Rhynconelles et Térébretules, 1,50 m

- calcaire gris à Oolithes floues puis à gravelles jaune clair et à Entroques.

- calcaire grumeleux. Vers la base on trouve un calcaire oolithique à grandes taches bleues - Ech. T 3 - surmontant des calcaires à grosses Oolithes - Ech. T 16 - . Il peut exister des passages à Polypiers.

. Bajocien J 1 : "Aux Essarts".

On ne voit que la partie dite "calcaire à Polypiers". De la Grande Oolithe, on passe au Bajocien inférieur par l'intermédiaire d'un calcaire assez caractéristique : il est grumeleux, gris blanc, à Entroques et ébauches d'Oolithes jaunes, noyées dans de la calcite blanche - Ech. T 7 - . Il surmonte une série de calcaires massifs à Polypiers alternant avec des calcaires gréseux gris noir à Entroques et taches orangées - Ech. T 14 - 15 - . On trouve 3 à 6 passages de marnes feuilletées (10 à 30 cm) et 1 passage à Entroques, ferrugineux, vers le milieu. Puis on trouve le "calcaire à Entroques - Ech. T 8 -

Tectonique

Nous nous trouvons au niveau d'un réseau compliqué de failles.

...

. les failles

- failles d'orientation NE.

F 1 : se voit bien sous le château de Thoraise. On la suppose venir d'Abbans-Dessous—Papeterie de Torpes vers le SO et se continuer vers le NE.
La zone bréchique est importante. Rejet : 30 m environ.

F 3 : ne se voit pas mais permet d'expliquer la réapparition du Bajocien inférieur au Nord. Elle correspondrait à une combe légèrement marquée dans la topographie.

- failles d'orientation ONO

F 2 : se suit bien au niveau des"Essarts" Zone bréchique importante.

F 4 : vue sous le château de Thoraise. On la suppose se prolongeant vers l'Ouest car sans elle, il est impossible de raccorder Grande Oolithe et Bathonien entre eux.

- failles d'orientation NNO

F 5 : se voit bien sur la route de Boussières à Torpes et au Nord de Torpes.

F 6 : se voit dans la carrière située à la limite de la carte.

Pour compléter cela, existent deux cassures, l'une près de la percée de la Thoraise ayant 15 à 20 m de zone bréchique, l'autre près de l'ancienne Verrerie.

. les compartiments

- au Sud vers ND du Mont, se trouve la partie anticlinale que l'on rattache à l'anticlinal de la Citadelle.

- au Nord, existe une zone plus plate mais faillée faisant le raccord entre la zone anticlinale et le plateau de Grandfontaine.

Problèmes cartographiques

- limite stratigraphique entre J 1b et J 2
- tracé des failles sous la plaine alluviale et leurs raccordements surtout pour F 3 et F 4.

...

Etude de l'emplacement

Celui-ci est déterminé dans le sens NS par la tranchée qui sera creusée en amont. Deux zones d'emplacements sont favorables, soit au Nord soit au Sud de la faille F 2. Dans le premier cas, l'écluse sera assise sur le calcaire bathonien inférieur, dans l'autre sur le calcaire bajocien inférieur. Tous les deux auront une résistance bien suffisante au poids de l'écluse, le Bathonien étant toutefois plus favorable aux infiltrations en grand.

Le problème sera donc :

- de déterminer la trace de la faille F 2. Celle-ci doit se trouver au Nord du sondage E 17 car on trouve dans celui-ci du Bajocien inférieur.

- de connaitre la profondeur et la perméabilité des alluvions.

Comme vraisemblablement la zone d'emplacement choisie sera plus au Nord que celle prévue actuellement à cause de la tranchée, il sera préférable de choisir comme moyen d'étude, la campagne de sondages.

En effet, entre F 2, F 5 et F 1 peuvent exister des cassures annexes que les sondages pourront sans doute déceler, en particulier les zones bréchiques et fissurées au moyen d'essais d'eau.

A l'emplacement actuel, une étude par sondage semble suffisante et c'est surtout vers la tête amont qu'il faudra craindre des roches diaclasées ou broyées. Un essai de perméabilité devrait permettre de s'en rendre compte.

5 - Barrage de Besançon

Planches n° 10 - 15

Situé à 150 m en amont du pont de Bregille, dans la ville de Besançon, ce barrage est situé sur le Bathonien supérieur. En effet, non loin de là, en amont, près d'un grand immeuble moderne, on voit le Bathonien surmonté de marnes, peu épaisses, pendant vers le NO. Celles-ci ne semblent pas devoir atteindre le niveau du Doubs car la charnière entre le plateau et l'anticlinal de la Citadelle se situe en avant. En effet, on ne connait pas d'affleurements de Callovien ou de marnes bathoniennes dans la boucle ni sur le pourtour immédiat du Doubs.

...

Le barrage aura donc très vraisemblablement une roche calcaire pour ses fondations, souvent diaclasée et favorable aux infiltrations en grand. On pourra comparer ses caractéristiques à celles trouvées à Baume-les-Dames et Ranchot.

Les problèmes seront de connaitre :
- la nature du substratum
- le degré de fissuration de la roche.

En effet, la charnière n'étant pas loin en amont (niveau du pont de la ligne S.N.C.F. du Valdahon), les roches ont pu être plus ou moins bouleversées.

Pour cela, divers sondages pourront être réalisés sur l'emplacement du barrage.

Cependant, il serait préférable de le placer juste en amont du pont de chemin de fer de la ligne de Morteau. Le lit du Doubs est resseré à cet endroit, et l'on aura ainsi moins à craindre les infiltrations sur les ailes du barrage et les effets de la charnière, située un peu plus en aval. En effet, à la gare de la Mouillère un sondage a relevé l'existence de près de 13 m d'alluvions et de remblais, donc perméables, et par où l'eau pourrait s'infiltrer très facilement et créer des ennuis pour les fondations de maisons dans la boucle et autour (inondation de caves). Certes le pendage sera aval, mais on pourra étudier les systèmes de diaclases et supposer la perméabilité de la roche en observant les affleurements bathoniens situés de part et d'autre du Doubs. Les caractéristiques techniques pourront être également estimées.

d) avec un aval pendage

1 - Barrage écluse de Roche-les-Clerval

Planches n° 14-24-27-37

Echantillons numérotés avec la lettre G

Ils sont situés en aval de Clerval, au centre d'un large synclinal entre les anticlinaux du Lomont et de Clerval.

Hauteur de chute : 6,25 m

Hauteur des fondations : 278,- 267 m

Les fouilles auront donc environ 9 m de profondeur.

...

Sondages réalisés :

E 9

	0,00	
Alluvions	- 0,70	- terre végétale
	2,90	- argile jaune, sableuse, limon
Bathonien	- 3,70	- graviers et galets
Grande Oolithe	4,30	- calcaire compadt
	9	- calcaire oolithique bicolore

n° 10

	0,00	
Alluvions	- 0,40	- terre végétale jaunâtre
	2,10	- argile jaune sableuse , limon
Callovien	- 3,30	- graviers, galets et sables
	5,50	-calcaire bleu spathique et oolithique

Les alluvions ne semblent donc pas très épaisses 3 à 4 m environ et il doit en être de même au niveau des ouvrages car les roches sous-jacentes sont identiques.

Conditions géologiques

La série s'étend de la Grande Oolithe au Callovien

Stratigraphie

1 - Eboulis : peu importants du côté de Roche-les-Clerval au pied de la falaise.

2 - alluvions : elles semblent peu épaisses. Deux captages existent à Branne et Roche-les-Clerval pour les besoins en eau des communes.

3 - Alluvions anciennes pliocènes: Elles sont assez développées sur la rive droite masquant les affleurements.

4 - Alluvions secondaires :

. Callovien J 3 : Combe du cheneau, Ouest de Branne.

Calcaire oolithique brun - Ech. G 7 -. Les Oolithes deviennent plus floues vers la base tout en se mêlant à de nombreuses lamelles de calcite, puis le calcaire prend un aspect gréseux près du passage au Bathonien - Ech. G 2-4 -, passage marneux vraisemblable entre G 2 et G 7.

...

. Bathonien J 2 : Roche-les-Clerval

Calcaire lithographique ou graveleux avec passages grumeleux ou à points limoniteux. Il peut prendre une teinte rosée vers le sommet - Ech. G 1-5-6 - . Calcaire gris vers la base - Ech. G 3 - .

. Grande Oolithe J 1b : on peut voir la terminaison d'un affleurement venant de Clerval à l'Ouest de Roche-les-Clerval.

Calcaire oolithique.

Tectonique :

Nous nous trouvons au milieu d'un synclinal évasé donc l'axe ONO-ESE passe par Branne.

Au NO, les couches se redressent vers l'anticlinal de Clerval, au SE, l'anticlinal du Lomont se déverse sur le synclinal. Le contact entre ces deux derniers se fait par faille.

Etude de l'emplacement

Tel qu'il a été choisi, la roche de fondation sera du Bathonien supérieur et aura un pendage vers l'aval et transverse. D'autre part, pour les fouilles, ce calcaire sera très dur. Les caractéristiques techniques de la roche devraient être les mêmes qu'à Ranchot, Baume-les-Dames, Besançon (barrage), c'est à dire très résistante mais favorable aux infiltrations en grand. Ceci est surtout préjudiciable pour le barrage.

Un meilleur emplacement se situerait plus en aval de 350 m environ (en aval du pont sur le canal actuel près de "Malotière").

Le pendage serait ici horizontal ou légèrement vers l'amont. Il ne semble pas que l'on ait à craindre les effets néfastes d'une charnière car la courbure ici doit être douce. D'autre part, il existe un niveau imperméable matérialisé par une série de source (ligne de petits ronds) du côté de Roche-les-Clerval, et qui descend vers l'Ouest et se retrouve au niveau de la plaine alluviale. Peut-être ce niveau imperméable du Callovien se retrouve juste sous les alluvions, ce qui serait très intéressant pour assurer l'étanchéité du barrage.

...

Pour étudier cet emplacement, il serait nécessaire de placer un sondage 400 m en aval du pont sur le canal pour s'assurer :

- que le niveau imperméable affleure sous les alluvions
- du pendage du Callovien
- du degré de fissuration du calcaire

Il devra être approfondi sur plusieurs mètres dans le calcaire pour connaitre :

- la lithologie du Callovien.

Cet emplacement semble meilleur que celui choisi actuellement car le Callovien recèle souvent des niveaux marneux imperméables.

2 - Barrage écluse de Deluz

Planches n° 15-24-27-40
échantillons numérotés avec la lettre C

Le pendage aval est plus fort ici qu'à Roche-les-Clerval mais la roche de fondations est la même, comme à Ranchot Baume-les-Dames et Besançon, c'est à dire le calcaire bathonien.

Hauteur de chute : 9 m
Hauteur de fondations : 256,90 - 242,50 m
Les fouilles auront donc environ 12 m de profondeur.

Sondage réalisé :
E 13

	0,00	
Alluvions	-0,60	- terre végétale
		- sable fin, limon
	3	- sables et galets
Rauracien	-5,10	
	12,50	- calcaire bleu fissuré, nombreux débris et fossiles

Conditions géologiques

La série s'étend du Lias au Séquanien supérieur.

Stratigraphie

1 - Eboulis : Ils sont importants surtout sur la rive gauche du Doubs où ils masquent presque tous les affleurements en contrebas.

...

2 - alluvions : il est difficile de préciser leur épaisseur mais on peut en escompter 5 à 7 m, peut-être moins sur le Dogger où a été choisi l'emplacement.

3 - alluvions anciennes : un reste de terrasse d'alluvions quaternaires peut se voir près de Deluz.

4 - formations secondaires :

. Séquanien J 7 : Bois de la Grande Côte.

Seuls J 7d et c ont été vu. Il s'agit d'un calcaire à Térébratules (fossiles empatés) surmontant une alternance de calcaire grumeleux et marneux beige et de marnes pouvant être plastiques - Ech. C 15-16-17-18-19-20 -

. Rauracien J 6 : Fin d'Essart.

Seul le passage à l'Argovien se voit. Il s'agit d'un calcaire à oolithes miliaires et à pisoolithes aplatis, beige clair surmontant un calcaire grumeleux contenant des Oolithes brun rouille, clairsemées dans la pâte - Ech. C 13-14 -

. Argovien J 5 : Fin d'Essart

Calcaire grumeleux massif, en bancs de 40 à 60 cm, séparés par des lits marneux et feuilletés de 30 à 40 cm. Passages à points silicifiés blancs et à oolithes floues, vers le sommet. - Ech. C 12-13 -

Puis marno-calcaires à chailles - Ech. C 11 -

. Oxfordien J 4 : Deluz

Marnes jaunes à chailles, surmontant des marnes bleues très homogènes à fossiles pyriteux. - Ech. C 1 -

. Callovien J 3 : Bois de la Vacherie.

Calcaire oolithique et gréseux - Ech. C 8-9-10

. Bathonien , Grande Oolithe, Bajocien inférieur, Aalénien supérieur : coupe le long de la voie de chemin de fer en amont de Deluz

- au sommet du Bathonien se trouvent des calcaires graveleux à passages compacts ou crayeux et grumeleux; les gravelles sont souvent jaune rosé, grosses et fines. Puis on a un calcaire lithographique ou non, jaune à points fins orangés, gravelles jaunes, débris de coquilles, Oolithes ; passages en plaquettes.

...

Le passage à la Grande Oolithe se fait par un calcaire marneux légèrement feuilleté surmontant un calcaire lithographique jaune foncé ,puis de nouveau un passage marneux feuilleté et du calcaire lithographique - Ech. C 6-7 -

- La Grande Oolithe suit avec ses calcaires oolithiques - Ech. C 4 - (parfois miliaires vers le milieu) surmontant des calcaires grumeleux puis de nouveau des calcaires oolithiques - Ech. C 2 -.

- Le Bajocien est formé de calcaires grumeleux gris à Polypiers qui s'associent ensuite à des entroques - Ech. C 5 - On peut voir quelques lits marneux vers le milieu et les entroques deviennent de plus en plus nombreuses.

- l'Aalénien supérieur se distingue mal du Bajocien

Il contient des calcaires à Entroques puis le minerai de fer (ancienne mine au nord de Deluz) - Ech. C 21 - Puis un calcaire à Pecten pumilus et des calcaires grumeleux qui passent à des calcaires marneux noir et des marnes bleues (aalénien inférieur).

Tectonique

Nous nous trouvons sur le flanc sud de l'anticlinal d'Aigremont qui commence peu en aval et se continue vers Baume-les-Dames et Clerval. Cet anticlinal est chevauché par un autre comme à Ougney-Douvot, et la faille F est la même que F 2 d'Ougney-Douvot.

Problème cartographique

Les éboulis rive gauche cachent une bonne partie des affleurements et les limites tracées entre les zones d'étages sont approximatives.

Etude de l'emplacement

L'aval pendage est ici nettement plus fort qu'à Roche-les-Clerval et Ranchot. Si la roche elle-même est très résistante elle offre ici deux désavantages : son aval pendage et sa nature favorable aux infiltrations en grand.

Cet emplacement n'a donc pas toutes les qualités nécessaires pour ce qui est de l'assise des fondations.

...

Dans le choix d'un site meilleur, cherchons une zone marneuse pour assurer l'étanchéité.

1 - plus en aval au droit du Bois de la Côte au Boeuf, on aurait là les marnes oxfordiennes recouvrant sur peu d'épaisseur le Callovien. Nous avons déjà trouvé dette disposition à Berche et Osselle, mais ici le pendage du Callovien serait nettement vers l'aval.

Dans le choix de cette solution, il faudrait placer un sondage près de la carrière d'éboulis et traverser l'Oxfordien puis le Callovien sur une épaisseur suffisante, car celui-ci offre de rapides variations de faciès. De plus, l'ancrage devrait se faire assez profondément pour que les bancs calcaires ne cassent pas sous la pression.

Plus loin en aval, la courbe du canal empêche d'implanter les ouvrages à la limite Argovien - Rauracien et le pendage serait vers l'aval et transverse.

2 - au pied du Bois de la Grande Côte, la limite calcaire du Séquanien inférieur et marnes séquaniennes semble se trouver au niveau du Doubs, mais il serait bon de s'assurer par un sondage rive gauche qu'elle ne descend pas plus bas. Ceci offrirait rive gauche un terrain formé de marnes et calcaires assez favorable pour le barrage bien que le pendage soit transverse ici, et rive droite un terrain calcaire pour implanter l'écluse.

3 - Le Doubs serpente sur le flanc d'un anticlinal ce qui rappelle un peu la disposition d'Avanne, c'est-à-dire qu'une succession de roche peut être défavorable à un endroit, et très favorable mon loin de là. C'est ce qui se produit ici.

Les désavantages (aval pendage) vus à l'emplacement 1 de la limite Callovien - Oxfordien et Argovien -Rauracien, se transforment en avantage (amont pendage) non loin de là.

- limite Argovien - Rauracien

On peut la retrouver près du "Moulin" où il pourrait exister un emplacement favorable, avec substratum calcaire et des marnes très peu en profondeur. Pour cela, il serait nécessaire de rectifier les courbes du canal et de rechercher par sondage ou géophysique, la limite Rauracien -Argovien.

...

Plus en aval, on retrouve la limite Callovien - Oxfordien, mais il ne semble pas qu'on puisse en profiter commodément pour asseoir les ouvrages.

- limite Callovien - Oxfordien

On la retrouve en amont de Deluz vers Laissey, mais avec un pendage amont. Si cet emplacement vers Laissey reste le plus favorable, il offre le désavantage lorsque sera créé le canal d'obliger à creuser dans le Doubs au niveau des seuils rocheux; alors qu'en choisissant un emplacement en aval de Deluz, ce creusement se ferait dans les alluvions ou dans les marnes de l'Oxfordien, lesquelles affleurent jusqu'à Vaire-le-Grand sous la plaine alluviale.

Suivant que la préférence sera donnée à tel ou tel emplacement, les recherches pourront se faire dans le sens : degré de fissuration de la roche, caractéristiques techniques, pendage, lithologie. A tous ces emplacements il ne semble pas que l'on ait à craindre le passage d'une faille. On pourra dissocier barrage et écluse pour les emplacer non loin l'un de l'autre sur des roches favorables à chacun.

3 - Barrage de Crissey

Planches n° 16-24-29-49
Echantillons numérotés avec la lettre D.

Ce barrage existe déjà près de Dole, mais il est prévu de l'aménager pour un débit supérieur et un plan d'eau plus élevé que l'actuel.

Pour connaitre la géologie, sous la plaine alluviale -large ici-, nous avons levé une carte tout autour de l'emplacement, et également pour connaitre les faciès qui ici se différencient de ceux de Besançon, connus en amont . La région est pauvre en affleurement par suite du développement des alluvions pliocènes (la forêt de Chaux est à proximité).

D'après les affleurements rive gauche, et rive droite, du Doubs, il semble que l'on se trouve dans le Rauracien supérieur, zone où les Polypiers ont pratiquement disparus; mais la pâte reste grise et l'on ne voit pas encore de passages oolithiques. Les bancs sont massifs avec des passgges en plaquettes. L'épaisseur de ce calcaire est de 7 à 8 m.

...

Le pendage est léger vers l'aval et transverse, et pour trouver un substratum pouvant assurer l'étanchéité facilement, il faudrait aller plus en aval ou plus en amont pour trouver respectivement les marnes séquaniennes ou les marnes argoviennes.

Comme l'emplacement est déjà fixé, il ne sera pas question d'en choisir un autre. Les problèmes d'aménagement seront surtout des problèmes techniques en fonction des caractéristiques de la roche de fondation. Si l'on élargit le barrage, il faudra s'assurer qu'aucun accident ne passe à proximité. Mais malgré le faible pendage aval il ne semble pas que l'on ait à craindre des ennuis importants.

Echantillons recueillis : Séquanien :

n° 1-2-3 : calcaires compacts ou grumeleux à taches orangées et calcaire oolithique assez gélif.
n° 8-10-11 : calcaire marneux, graveleux et oolithique
n° 9 : lit marneux à nombreux Pecten et Térébratules
n° 12-13 : calcaire massif (40 cm) plus ou moins organogène, lits marneux entre les bancs (10 à 20 cm)
n° 14 : banc à grosses gravelles rondes
n° 15 : calcaire oolithique

- Passage Séquanien - Rauracien : n° 4 - 16 - 17 - 18 : calcaire compact ou grumeleux avec plages oolithiques ou grumeleuses. Quelques Gravelles.

- Passage Rauracien-Argovien : n° 6 : marno-calcaire sableux fossilifère.

- Argovien : n° 5 : alternance de marnes jaunes et bleues, bancs de 20 cm.

- Callovien : n° 6 bis : calcaire oolithique à Entroques

- Bathonien : n° 7 : calcaire graveleux très massif, passages feuilletées avec des taches rouge violacé.

Problèmes cartographiques

- existence de la faille F 1
- prolongement vers le sud de F 1 et F 2
- existence du Bathonien entre F 1 et F 2
- limites des étages sous les alluvions.

...

e) avec un amont pendage

Dans la plupart des cas, cette disposition offre la meilleure stabilité et le maximum d'avantages pour l'étanchéité.

1 - Barrage écluse de Colombier-Fontaine

Planches n° 14-24-25-33
Echantillons numérotés avec la lettre N

Entre l'Isle-sur-le-Doubs et Montbéliard.

Hauteur de chute : 6,25 m
Hauteur des fondations : 307 - 295 m
Les fouilles auront donc environ 8 m de profondeur.

Sondage réalisé :

E 5

	0,00		
Alluvions	- 0,55	-	terre végétale
	1,15	-	argile jaune tourbeuse
Bathonien	- 1,60	-	galets
	4,35	-	calcaire blanc ou bleu plus ou moins fissuré,
	12	-	calcaire marneux (un peu oolithique avec passages de marnes bleues ou d'argile jaune - 2 à 5 passages.

Après avoir levé la carte géologique, il semble que le sondage soit mal placé sur la carte et qu'il a été réalisé plus en amont. En effet, juste en aval du barrage actuel, on trouve dans le lit des affleurements indiscutablement de faciès Grande Oolithe. Or ce faciès n'existe pas dans le Bathonien. D'autre part, ce calcaire marneux dans le sondage n'a pas été vu au sommet de la Grande Oolithe.

Nous verrons que cette même supposition de sondage mal placé sur la carte se retrouve à Osselle.

Conditions géologiques

La série s'étend de la Grande Oolithe au Séquanien

Stratigraphie

1 - Eboulis : importance moyenne au pied du Gilémont. Ils ne doivent pas être très épais : quelques mètres au plus.

...

2 - alluvions : celles-ci sont très peu épaisses surtout lorsque la Grande Oolithe forme le substratum du Doubs, 1,60 m au sondage E 5 (qui doit être situé plus en amont), celles-ci disparaissent même au niveau des écluses et barrages actuellement en projet. Elles doivent être plus épaisses en aval et sans doute plus grossières.

3 - formations secondaires :

. Séquanien J 7 : en haut de la falaise dominant Colombier-Fontaine.

J 7c : sous des calcaires gris à filets rougeâtres et Térébratules, on trouve des calcaires marneux gris noir et des calcaires lumachelliques rougeâtres à Oolithes.

J 7b : calcaire gris, compact se chargeant parfois en petits grains de quartz puis devenant jaune - Ech. N 23 -.

J 7a : calcaires blanchâtres à points roses et rares oolithes jaune orange, devenant crayeux vers la base. Très gélif, il se fragmente en petits parallélépipèdes de 10 x 30 cm environ - Ech. N 25 -.

. Rauracien J 6 : Coteau Fays - Coteau du Quart Baraillot.

Le calcaire crayeux du Séquanien passe à un calcaire lithographique jaune puis à un calcaire un peu gélif - Ech. N26 - blanc à Oolithes miliaires, pisolithes souvent aplatis : Polypiers et Nérinées - Ech. N 27-22 -. Il surmonte un calcaire à petites Oolithes jaunes, se délitant en plaquettes - Ech. N 15. On voit de nouveau des Polypiers dans un calcaire brun noir gréseux, sous lequel vient un calcaire oolithique à entroques, où l'on voit de petits points silicifiés parfois - Ech. N 28 - Enfin, on trouve un calcaire à "galets", calcaire à gros pisoolithes que l'on retrouve souvent dans le Jura Septentrional - Ech. N 17 - .

. Argovien J 5 - Oxfordien J 4 : Route de Lougres

Seul l'Argovien supérieur se voit en affleurement. Calcaire gris rouille à points silicifiés surmontant un marno-calcaire à miches et chailles.

. Callovien J 3 : Les Epenots - Côte Verdey (petits affleurements).

...

Plaquettes très ferrugineuses à Entroques, calcaire brun à points limoniteux ou calcaire grumeleux. - Ech. N 2-16-14 -

. Bathonien J 2 : marnes à Rhynconelles puis calcaire marneux avec quelques Oolithes miliaires - Ech. N 4-5-7-9- Calcaire lithographique jaune - Ech. N 10-8-6 -, puis s'enrichissant en grosses Oolithes rondes - Ech. N 19 -

. Grande Oolithe J 1b : Les Eperrots - Coté Verdey

Calcaire oolithique brun, surmontant après un passage à Entroques, un calcaire lithographique gris contenant de rares Oolithes miliaires - Ech. N 1-3-11-12-13-20-21-29 -

Vers la base, ce calcaire brun est taché de bleu foncé. La stratification est parfois entrecroisée et les diaclases tout les 1 à 3 m sont ouvertes et pas toujours propres (azimut magnétique : 270° - 350°). Les bancs sont très massifs.

Tectonique

Le premier accident qui semble être intervenu sur le plateau que devait former primitivement ce secteur, doit être la faille F4, relevant le compartiment situé au nord d'une soixantaine de mètres au moins.

Puis une phase cassante intervient pour mettre en place les failles F 1; F 2, F 3 presque perpendiculairement à F 4.

- F 3 limite deux compartiments dont celui situé vers l'Est est relevé d'une vingtaine de mètres par rapport à l'autre. Cette faille ne coupe pas F 4 pour continuer vers le Nord.

- à l'Est de F 2 et à l'Ouest de F 1, les deux compartiments semblent en continuité l'un par rapport à l'autre avec relèvement de celui situé à l'Est d'une trentaine de mètres.

- entre F 1 et F 2 le passage devait se faire normalement aux compartiments situés de chaque côté.

Puis il y a eu léger plissement des couches du compartiment situé au Nord de F 4, et poussée venant du Sud.

La faille F 4 se trouve alors découpée en tronçons que l'on retrouve décalés de plus en plus vers le Nord en suivant la faille vers l'Ouest.

...

Il se produirait en même temps un bouleversement dans la pincée entre F 1 et F 2, mais il n'ya pas de preuves pour démontrer cela, car nous ne savons pas ce qui se passe sous les alluvions.

Problèmes cartographiques

- tracé de la faille F 4
- limites d'étages sous les alluvions
- structure de la pincée.

Etude des emplacements

Favorable au point de vue stabilité, la Grande Oolithe l'est moins au point de vue étanchéité. Certes, le pendage vers l'amont de 10° environ ne peut que les réduire, mais les diaclases sont assez marquées ici.

D'autre part, les alluvions sont très peu épaisses ou inexistantes même à cet emplacement, et les fouilles seront donc presque entièrement dans le rocher.

Mais cette petite épaisseur d'alluvions semble générale entre Bavans et L'Isle-sur-le-Doubs, où d'après les sondages, celle-ci varie autour de 2 m. Cependant, en plaçant l'écluse plus en amont sur le Bathonien, le surcreusement de ce niveau plus tendre pourrait permettre le dépôt d'une plus grande épaisseur d'alluvions. (plus de 3 m vraisemblablement).

Ainsi, la Grande Oolithe est favorable pour l'emplacement de l'écluse mais il serait possible de la placer en amont près du barrage pour lequel il vaut mieux rechercher un niveau imperméable. Les recherches pour l'un serviront pour l'autre.

Le problème sera donc :

- de savoir où se trouve le Bathonien sous les alluvions
- de connaitre l'épaisseur des alluvions à cet endroit
- de connaitre l'épaisseur des marnes bathoniennes et ses propriétés techniques.

...

Pour résoudre ces problèmes, le meilleur serait de faire appel à la prospection géophysique au niveau de la passerelle qui enjambe le Doubs près des Eperrots. Puis un sondage permettrait de vérifier les hypothèses.

Un autre emplacement pourrait être choisi, mais risque de créer des perturbations dans le village de Colombier-Fontaine. Il s'agirait d'établir écluse et barrage sur l'Argovien qui affleure en aval de la faille F 1. Nous ne savons pas si les marno-calcaires de l'Argovien affleurent sous les alluvions, mais elles doivent néanmoins se trouver à très peu de profondeur. Ce niveau imperméable offrirait de sérieux avantages à l'emplacement du barrage, et l'écluse pourrait être reportée un peu en aval sur le calcaire rauracien.

Pour savoir à quelle profondeur affleure les marno-calcaires de l'Argovien, un sondage suffira, placé sur la rive droite du Doubs.

2 - Barrage, écluse de Pompierre

Planches n° 14-24-26-36
Echantillons numérotés avec la lettre P

Situés en amont de Clerval
Hauteur de chute : 3,25 m
Hauteur des fondations : 283,40 - 273 m
Les fouilles auront donc environ 7 m de profondeur

Sondage réalisé

E 8

	0,00	
Alluvions	-1,20	- terre végétale jaunâtre
	3,80	- sable fin - limon
Kimméridg.	4,80	- galets et sables
	9	- calcaire fissuré gris foncé puis clair un peu crayeux à partir de 7 m.

On doit avoir là le passage au Séquanien

Conditions géologiques

Stratigraphie

La série s'étend du Virgulien au Séquanien supérieur.

...

1 - Eboulis : très peu importants, ils cachent cependant les affleurements de Virgulien.

2 - Alluvions récentes : il est possible qu'elles deviennent plus épaisses en amont du sondage E 8 où la plaine semble s'épanouir.

3 - alluvions pliocènes : une terrasse ancienne cache les affleurements rive gauche

4 - formations secondaires :

. Virgulien J 8 c : on trouve de nombreuses Exogyravirgula sur les pentes rive gauche du Doubs. - Ech. P19-P 7 -

. Ptérocérien J 8b3 : calcaires à Mactres.

Calcaire beige clair, marneux ou crayeux pouvant contenir de des oolithes miliaires roses disséminées et des plages grumeleuses rouilles assez rares - Ech. P 5-1 -.

J 8b2 : calcaire à Corbis

Calcaire blanc, crayeux avec des Nérinées en énorme quantité parfois - Ech. P 10-9-8 -

J 8b1 : calcaire et marnes à Ptérocères.

Calcaire poreux à Térébratula subsella contenant de nombreuses plages sableuses dans la pâte. On peut retrouver certains passages de calcaire gris à taches rouilles dans la pâte et d'autres marneux à très nombreuses Pholades - Ech. P 20-18-11-12-13-6 -

J 8 a : calcaire grumeleux à glauconie - Ech. P 4 - surmontant un calcaire gris à Térébratula subsella (bonne tenue). On trouve parfois des oolithes miliaires disséminées, des plages grumeleuses, des Nérinées, des taches orangées dans la pâte - Ech. P 2-3-14-15-16-17 -

. Séquanien J 7e : calcaire crayeux très gélif à Astartes - Ech. P 22-23 -. Il se retrouve le long de la ligne S.N.C.F. de Pompierre à Clerval.

J 7d : calcaire gris à taches et filets rouilles. Térébratules. - Ech. P 24-25-21 -.

...

Les marnes séquaniennes doivent affleurer au NO de Pompierre dans le fond de la vallée occupé par une petite rivière.

Tectonique

Nous nous trouvons dans la zone de plateaux en amont de Clerval. Le synclinal qui ici affecte les couches du Jurassique supérieur se retrouve près de Rang dans le Bois de Cote de la Houtte (voir écluse de Rang, planche n° 35). Les flancs de ce synclinal pendent entre 8 et 10° ; ce synclinal semble se relever vers le Nord car nous passons du Virgulien ici aux marnes séquaniennes à Rang sur son axe. Il pouvait donc exister avant que les plateaux de cette région ne basculent légèrement vers le SSE.

Problèmes cartographiques

- limites des étages sous les alluvions
- limites précises des zones d'étages surtout sur le flanc Est du synclinal.

Etude des emplacements

Il semble que la roche sur laquelle sera assise l'écluse doit favorable. En effet, le Kimméridgien inférieur est représenté par des bancs très massifs et épais de calcaire, peu diaclasés et assez résistants. Il sera toutefois nécessaire de placer deux sondages aux têtes aval et amont de l'écluse pour s'assurer que l'on se trouve bien sur ce niveau. En effet, les calcaires sous-jacents à J 8a sont crayeux, très gélifs et de mauvaise tenue. Ceux sus-jacents (J8b1) sont poreux et plus tendres avec des passages marneux. Le sondage sur la tête aval devra donc être approfondi jusqu'à ce que l'on soit sûr que le calcaire soit assez épais pour que la stabilité soit bonne.

Pour le barrage, assis sur la même formation, il est difficile de trouver un emplacement favorable pour que l'étanchéité soit assurée. Cependant, la falaise rive gauche du Doubs, dont on connait le pendage avec l'exactitude peut aider très facilement à choisir l'emplacement. En la décapant sur très peu de hauteur en certains endroits, ce qui ne représentera pas de grands travaux, on pourra avoir une coupe très précise de la succession des couches qui plongent dans le Doubs, et choisir le banc qui supportera l'ouvrage et la couche marneuse qui permettra d'assurer une certaine étanchéité.

...

Cette coupe précise serait à faire pour la zone J8b1 qui commence aux calcaires glauconieux. Si on peut améliorer l'étanchéité, elle ne sera vraisemblablement pas parfaite.

3 - Barrage de Thoraise

Planches n° 16-24-29-44

L'étude géologique du secteur a été faite pour l'écluse de Thoraise p. 122.

Etude de l'emplacement

Le barrage sera établi sur la zone de passage entre le Bathonien et la Grande Oolithe. Il s'agit d'un calcaire assez gélif lithographique à points jaunes ou graveleux à dendrites de Mn. Aucun lit marneux n'existe entre les bancs.

De ce fait, l'étanchéité sera aléatoire.

On pourrait asseoir le barrage sur les marnes du Lias en amont, mais ceci aurait pour conséquence d'augmenter l'importance des travaux. S'il n'est pas possible de choisir cette dernière solution, l'emplacement sur le calcaire le plus favorable est celui qui a été choisi.

Dans ce cas, nous avons un amont pendage de 8 à 10°, la zone n'est pas trop bouleversée par la faille F 1, semble-t-il, et il n'existe pas de faille à proximité en amont ; car ceci risquerait de jouer le rôle de drain et permettrait à l'eau de court-circuiter le méandre de Thoraise et le barrage par la même occasion.

Les problèmes sont donc :

- de s'assurer qu'aucun accident annexe à F 1 ne traverse le Doubs au niveau du barrage.
- de connaitre le degré de fissuration de la roche
- de s'assurer que F 4 ne passe pas trop à proximité car elle pourrait jouer le rôle d'un drain alimenté par la nappe alluviale.

Pour le premier problème, on pourra décaper lafalaise rive gauche sur une faible hauteur aux endroits où l'on ne voit pas actuellement la roche.

...

Ceci est beaucoup plus difficile à mettre en évidence car même avec une prospection géophysique il n'est pas sûr que l'on décèle une faille. En effet, les brèches peuvent être recimentées et ne pas marquer du tout sur un profil géophysique. Mais, si elle est recimentée, elle ne jouera pas le rôle de drain. De toute façon, il ne semble pas que l'on ait à se préoccuper de cela avant la construction du barrage. Si celui-ci mis en exploitation, on remarque des infiltrations anormales, on pourra étudier à ce moment là le problème.

Enfin, il faudra vraisemblablement prévoir des sondages d'injection dans les fissures du calcaire au moment de la construction du barrage.

4 - Ecluse d'Osselle

Planches n° 16-24-29-45

L'étude géologique du secteur a été faite pour le barrage d'Osselle p. 83.

Hauteur de chute : 6,25 m
Hauteur des fondations : 226 - 214,75 m
Les fouilles auront donc environ 6 à 7 m de profondeur.

Sondage réalisé :

E 18

	0,00	
Alluvions	0,40	- terre végétale
	6	- sables, galets, argile
Grande Oolithe	6,60	- marnes jaunâtres sableuses
	10,50	- calcaire oolithique

Il semble que le sondage soit mal placé sur la carte et il doit se trouver plus en aval. En effet, le pendage assez fort 25° affectant les couches de la Grande Oolithe et du Bathonien ne permet pas de penser que le substratum à cet endroit soit formé de Grande Oolithe. Il faudrait pour cela que le pendage ne soit que de 6° environ.

Mais ceci a peu d'importance ici, car l'écluse doit se trouver sur le calcaire après 6 à 7 m d'alluvions. Il ne faudra pas la placer plus en amont car une faille importante doit traverser la plaine alluviale, et provoquer de gros bouleversements dans les bancs très massifs du Bathonien.

...

Le pendage sera vraisemblablement plus doux ici, ce qui sera moins ennuyeux pour le problème des hors-profils lorsque l'on fera le radier de l'écluse.

Il ne semble pas que l'on ait d'ennuis lors de la construction en ce qui concerne la stabilité. Il faudra seulement faire attention que le Bathonien inférieur est un peu gélif comme on le voit dans la carrière située près du point 221, rive gauche du Doubs.

On pourra comparer les caractéristiques techniques de laroche avec celles des écluses de Thoraise, Deluz, Roche-les-Clerval, Rahchot et Besançon.

*
* *

...

E T U D E G E O L O G I Q U E D E S T R A N C H E E S

1 - Tranchée de la Prétière

Planches n° 14-24-26-34

Etude géologique du secteur p. 98

Permettant d'éviter le méandre de Blussangeaux en amont de l'Isle-sur-le-Doubs, cette tranchée aura une profondeur élevée : 40 m environ à l'entrée pour s'amenuiser petit à petit vers l'aval, et une longueur d'environ 1 100 m.

Deux sondages ontété réalisés sur son tracé.

n°6

	0,00		
	0,40	- terre végétale jaunâtre	
Séquanien	-3,60	- argile d'altération - 1 échantillon	
		- calcaire fissuré gris, marneux	
	7	passages d'argile	
	11,60	- marnes gris foncé	Zone A
		- calcaire avec passages de marnes bleues - 1 échantillon	
	12,50	- calcaire marneux et passages oolithiques	Zone B
	19,80	- calcaire marneux gris beige et passages oolithiques noirâtres-1 Ech:	Zone C
	26,20	- calcaire marneux gris et 8 passages de marnes bleues - 1 échantillon	
	35,70		
	38,60	- calcaire beige - 1 échantillon	

n° 7

	0,00	
	0,55	- terre végétale argileuse
	3,20	- argile jaunâtre
		- alluvions anciennes siliceuses : argiles et gros galets
	6,40	- argile et galets
Séquanien	-7,30	- calcaire fissuré
	10,60	- marnes bleues compactes - 1 échantillon
	15	- calcaire bleu gris compact
	15,60	- marnes bleues
	18,40	- calcaire fissuré avec 2 passages de marnes
	21,50	

...

Quelle pente devra-t-on donner aux parois de la tranchée ?

1 - Sur presque toute sa longueur elle sera percée dans les calcaires marneux et marnes du Séquanien . Tenant compte des passages les plus mauvais c'est à dire les marnes, nous pouvons déjà avoir une idée de leur tenue en allant voir les parois de la tranchée de chemin de fer à l'entrée Ouest du tunnel, et de la falaise près du coteau Lument au bord du canal (face au canal d'évacuation des eaux de l'usine hydro-électrique). Ces marnes sont très chargées en calcaire et les parois semblent bien tenir à peu près verticalement; mais en d'autres endroits qu'il serait très bon d'aller voir également (route de Belfort entre l'Isle-sur-le-Doubs et Médière, Coteau Lument) ces marnes glissent et le terrain est tout bouleversé par des loupes de glissement. (voir un autre glissement dans les mêmes formations vers Loray (Doubs) M. Dreyfuss 1958) .

Une étude de résistance à la compression et à la plasticité pourrait être entreprise sur ces marnes et calcaires car la hauteur des parois sera de beaucoup supérieure à celles des affleurements observés ; d'où une pression bien plus grande s'exercera sur elles. On pourra comparer les résultats avec ceux obtenus pour l'écluse de Montbéliard.

Une étude sur leur comportement sous l'action des agents atmosphériques (pluies : l'alternance calcaire marnes est favorable aux infiltrations et défavorable au point de vue stabilité, vent, gel : le Séquanien est assez gélif), serait très intéressante à faire, car ce sont eux qui détermineront l'évolution des parois une fois la tranchée percée. En effet, on remarque aux affleurements les saillies du calcaire marneux par rapport aux creux correspondant aux marnes.

Enfin, le pendage légèrement transverse et non négligeable (10° environ) favorisera l'apparition de glissements sur la paroi Nord. En toute logique, il faudra donc donner une pente moins forte à cette dernière qu'à la paroi Sud.

La succession des couches des marnes séquaniennes est en fait une succession de bancs calcaires et de couches marneuses plus ou moins épaisses. Les coupes des sondages montrent également cela.

...

Au sondage n° 6, nous avons une zone A mauvaise de 0 à 12,50m une zone B, plus favorable de 12,50 m à 26,20 m, puis de nouveau une zone mauvaise C.

Au sondage n° 7, les 20 m du sondage ne sont pas favorables. Les couches doivent correspondre à la zone B du sondage n° 6.

Ainsi, on pourra donner une pente générale plus forte à l'emplacement du sondage 6 entre 12,50 m et 26,20 m. Cette zone B du fait du pendage, descendra progressivement dans la tranchée en allant vers l'Ouest jusqu à atteindre le niveau de l'eau et aller au-dessous.

Ainsi les parois de la tranchée seront vraisemblablement formées par la Zone A, de l'entrée aval à la Prétière (500 m), puis viendra la zone B sous-jacente de la Prétière du voisinage de F 1 (600 m), puis la zone C (300 m), et enfin sur 150 m environ les couches des zones J 7b et J 7a en aval de la faille F1.

Il semble qu'une pente forte puisse être donnée à la paroi dans les bancs calcaires. Dans les marnes il serait prudent de leur donner une pente voisine de leur propre pente d'équilibre. Les parois auraient ainsi un aspect en escalier.

Pour prévoir le cube à extraire en fonction des pentes à donner aux différents bancs, on pourra placer un sondage tous les 250 m environ sur le tracé de la tranchée.

Les caractéristiques techniques étudiées au Laboratoire des principaux types de roches permettront de calculer les pentes pour chacun d'eux.

Les coupes des sondages raccordées entre elles permettront d'établir un profil de chacune des parois de la tranchée compte tenu du pendage. La paroi rive gauche pourra être légèrement plus raide, tandis qu'il faudra se méfier et être très prudent pour la paroi rive droite. Enfin, on pourra prévoir la largeur d'attaque en surface.

Les parois devront être préservées du contact direct avec l'eau du canal au niveau des passages marneux. Ces marnes risqueraient de glisser dans le canal, créant un vide et une zone de moindre résistance dangereuse pour l'ensemble des roches situées au-dessus.

...

Enfin, si cela est nécessaire on pourra drainer les bancs marneux sur la hauteur des parois.

2 - Une partie beaucoup moins importante sera creusée dans les calcaires rauraciens. Ceux-ci sont massifs et de très bonne tenue, peu gélifs mais les diaclases peuvent découper des blocs instables qu'il ne faudra pas laisser.

3 - Le passage de la faille F 1 nécessitera très vraisemblablement de créer une tranchée aux parois plus évasées, purgée des blocs instables qui seront nombreux. Le canal devra être rendu étanche sur son passage puisqu'elle débouche dans le bief aval.

4 - Un cours passage de calcaire compact très gélif J7a pourra être prévu avec des parois à paliers, où les blocs seront retenus dans leur chute. Ce passage passera progressivement à un calcaire jaune et beige J7b, moins gélif et plus massif puis aux marnes séquaniennes J7c dont nous avons parlé précédemment.

Rappelons qu'implantée de 150 m plus au Sud, sa longueur serait raccourcie et la profondeur moyenne mains élevée. Le passage en tranchée de la faille serait éviter ainsi que la partie creusée dans le Rauracien. Par contre, cela nécessiterait le creusement du canal dans la plaine alluviale au lieu dit "Champ des Raggiers" et il faudrait également tenir compte de l'emplacement du barrage sur les marnes argoviennes et le déversement des eaux dans le cours actuel du Doubs sans créer des préjudices au pont de chemin de fer.

Prévisions en allant de l'amont vers l'aval :
0 à 50 m dans les calcaires rauraciens
50 à 100 m passage de la faille
100 à 1100 m Séquanien.

2 - Tranchée de Thoraise

Planches n° 16-24-29-44

L'étude géologique du secteur a été faite à propos de l'écluse de Thoraise, p. 122.

Cette tranchée courte - 350 m - mais profonde, 40 m au maximum, sera ouverte dans les calcaires du $B_a$thonien inférieur.

...

Comme nous l'avons vu, ceux-ci ont un aspect graveleux fin et sont un peu gélifs. Durs, ils auront un bon rendement à l'attaque par explosif.

Le tracé comme il a été prévu affrira des difficultés de stabilité des talus. En effet, l'entrée amont se situera juste sur la charnière très brusque qui fait remonter les bancs calcaires avec un pendage de 60° vers la faille F 2. Puis la tranchée traversera une cassure qui pour n'être pas importante, n'offre pas moins de 20 m de zone broyée où les blocs calcaires sont en tout sens. Enfin, ce tracé longe de près la faille F 2, ce qui n'est pas favorable pour la stabilité de la paroi rive gauche. Nous pouvons conclure que ce tracé n'est pas favorable.

Un meilleur tracé, avec attaque près de l'entrée actuelle du tunnel offrirait de nombreux avantages:

- tranchée plus courte 170 m environ
- tranchée moins profonde 30 m environ
- stabilité de la paroi rive gauche meilleure car :
  pendage NE moins fort : 12°
  inexistance de zone broyée.
- On pourra également profiter pour une part de l'excavation du tunnel dans les travaux.

Les pentes à donner aux parois pourraient alors être très fortes sur la rive droite avec quelques paliers nécessaire pour les blocs tombant à cause de la gélivité ; mais sur la rive gauche il sera nécessaire d'être plus prudent, car les éboulements pourraient être beaucoup plus graves et importants à cause du pendage. On pourra étudier en laboratoire le comportement du Bathonien inférieur sous l'action des agents atmosphériques et en particulier le gel. Les affleurements sont assez nombreux pour qu'il soit aisé de prélever des échantillons.

Cette meilleure solution nécessitera de placer l'écluse plus au Nord, et pour cela nous avons vu qu'il serait nécessaire de faire une étude du bed-rock par sondage pour ne pas l'asseoir sur la faille F 2. A part ceci, il ne semble pas qu'il y ait d'inconvénient à choisir cette solution.

...

ETUDE GEOLOGIQUE DU TUNNEL DE BESANCON

Planches n° 15 - 28 - 42

Long de 1200 m, ce tunnel est prévu à double voie. Il aura donc vraisemblablement de 35 à 45 mètres de large, et sa hauteur sera de 5 m au-dessus des plus hautes eaux navigables.

Aucun sondage n' a été réalisé mais la Géologie de surface permet de faire des prévisions assez précises.

Conditions géologiques

La série affleurant dans le secteur s'étend de l'Argovien au Portlandien. Il existe même du tertiaire sous forme de poudingue à galets calcaires. Mais ce qui nous intéresse va des marnes séquaniennes aux marnes virguliennes.

Stratigraphie

Une coupe précise faite le long de la route de Pontarlier N 67 en face de l'usine Rhodiaceta a été donnée p. 27 pour le Kimméridgien et p. 30 pour le Séquanien.

On peut en déduire qu'une zonefavorable de 120 m d'épaisseur existe entre les marnes séquaniennes et les marnes ptérocériennes.

Cette zone calcaire contient quelques niveaux marneux dont le plus épais a 2 m d'épaisseur, et une zone plus crayeuse et gélive sous les marnes ptérocériennes. Ceci ne gênera pas considérablement les travaux.

Tectonique

Nous nous trouvons sur le flanc Sud de l'Anticlinal dissymétrique de la Citadelle. Celui-ci dont les couches sont presque verticales au niveau du Bathonien à Tarragnoz, voit son pendage diminuer doucement au fur et à mesure que l'on monte dans la série, puis brusquement près de la faille de Trochatey.

...

Cette faille vient de Thise en amont et se continue vers Quingey.

Il ne semble pas que l'on ait à craindre le passage de la faille de Trochatey située plus au Sud et orientée parallèlement à l'axe du canal en surface ; elle est inclinée vers le Sud et doit donc encore s'éloigner du canal en profondeur.

Aspect des bancs

- Entre les calcaires crayeux à Brachopodes du Ptérocérien inférieur et le banc à Glauconie, les bancs sont massifs, parfois un peu gélifs, de 45 à 80 cm d'épaisseur avec des passages de 10 cm d'épaisseur. Les diaclases sont orientées autour des angles de 150° et 215° (azimut magnétique). Ces bancs sont souvent cassés. Le calcaire devient moins compact et plus gélif près du passage du calcaire glauconieux. Il existe une couche marneuse de 1,50 m entre ces calcaires et les calcaires crayeux qui le surmontent.

- Sous le calcaire glauconieux vient un passage marneux sur 3 m d'épaisseur.

- Le calcaire graveleux sous-jacent a des bancs de 30 à 60 cm d'épaisseur assez massifs et un peu plissotés. La tenue est bonne mais il n'existe pas de gros blocs. Un lit marneux de 10 cm existe à la base.

- Le calcaire sublithographique a des bancs plus minces de 10 à 20 cm avec un passage marneux de 20 cm après 6 m.

- Le calcaire à Térébratules débute par trois bancs massifs de 60 cm à 1,20 m d'épaisseur puis ils deviennent plus minces (30 à 60 cm). On trouve un lit marneux de 30 cm intercalé dans ces derniers bancs, puis une couche de marnes de 1 m plus bas, puis les intercalations marneuses se font plus nombreuses vers la base. Vers la base existe un passage très gélif sur 2 m et un calcaire oolithique et graveleux, niveau qu'il ne faudra pas dépasser.

Prévisions pour le tracé actuel de l'entrée Est à la sortie Ouest.

Le tracé étant presque parallèle aux bancs, il s'agira donc d'un tunnel "en direction" ; l'angle que font l'axe du tunnel et la direction des bancs est de 13° environ.

...

De ce fait, le tunnel traversera lentement les différentes couches : celles-ci apparaitront au pied droit et affleureront sur 160 n environ pour une largeur de tunnel de près de quarante mètres.

L'abatage sera plus difficile que dans le cas d'un tunnel en "travers-bancs" car les gaz d'explosions ne peuvent pas écarter les bancs les uns des autres dans ce cas. On verra sur les parois du tunnel des surfaces planes inclinées à 50° environ coïncidant avec des joints, tandis qu'au toit, on aura des crénelures correspondant aux bancs alternativement plus durs et plus tendres. Une régularisation sera nécessaire du fait des nombreux "hors-profils".

Dans cela interviendront en plus de la"fissilité" due aux joints de stratification, l'orientation des réseaux de diaclases, et la schistosité des bancs marneux.

D'après les coupes (Planche n° 28), faites aux 1/5 000e, nous pouvons prévoir d'une manière générale :

- de 0 à 400 m environ : Calcaires et marnes ptérocériennes.

J 8b.

. perforation facile mais abatage médiocre

. altération possible de la roche à l'air et à l'eau : ces roches devront être revêtues rapidement d'un enduit de protection.

. cette hétérogénéité des roches favorisant les circulations d'eau qui se concentrent dans les joints des bancs, il faudra craindre que le massif rocheux ne soit altéré sur une certaine épaisseur .

. à l'entrée existera un court passage dans les déblais de la route, zone donc particulièrement instable. Il y aura danger de glissement pour la route si on ne prend pas de précautions.

. risques de venues d'eau peu importantes entre 0 et 100 m.

. à 250 m environ apparition côté droit de J8a.

- de 250 à 450 m : calcaire golif légèrement crayeux au sommet, plus massif à la base - J8a.

. perforation aisée, brisant aux explosifs.

...

. en principe ne nécessiteront pas de revêtement ou de boisage, surtout pour les calcaires crayeux où la régularisation des parois sera plus facile.

. Les 2 m de calcaires très marneux au milieu de J8a créeront des problèmes au point de vue abattage et devront être revêtus.

. La gélivité des calcaires crayeux pourrait impliquer quelques précautions à prendre malgré la distance des deux extrémités du tunnel.

. à 300 m environ côté droit : apparaition de J7d

- de 300 m environ à 1 200 m : Calcaire dur massif - J7d.

. bonne perforation, très brisant aux explosifs.

. difficultés à craindre pour la régularisation des "hors-profils" à cause des diaclases et de la dureté relative de la roche.

. On peut prévoir vers 1 000 ou 1 100 m des venues d'eau sans doute peu importantes et sous faible charge.

. vers 1 100 m, apparition côté droit de J 7c.

- de 1 100 m environ à 1 200 m : Calcaire et marnes du Séquanien.

Les conditions de percement et de tenue sont exactement les mêmes que pour J8b entre . et 400 m avec risque de glissement accrus sur la paroi droite ; on pourra tenir compte de l'altération du massif rocheux sur une certaine épaisseur et des déblais de route à la sortie.

Venues d'eau

Entre les forts Tousey et Trois Chatels existe un bassin fermé où les eaux s'infiltrent à l'intérieur du massif calcaire. Mais la proximité de la faille de Trochatey et les pendages inclinés vers cette faille doivent diriger les infiltrations vers elle.

Il existe également des grottes étagées appelées grottes de St Léonard. La grotte supérieure longue de 105 m et descendant de 50 m, et la grotte inférieure longue d'une centaine de mètres ne gêneront pas la construction du tunnel.

...

Mais en construisant la route de Morre en 1830, on a découvert deux grottes, l'une pleine d'eau, l'autre "profonde de 500 pas" (Fournier) (1).

Ainsi ce massif calcaire montre qu'il est parcouru par des réseaux karstiques. Il est très possible que l'on en traverse en construisant le tunnel mais il ne faudra craindre que les poches d'eau, car il ne semble pas qu'une "rivière souterraine" puisse se développer ici. L'alimentation en eau, en effet, est trop réduite. Si l'on rencontre des poches d'eau la pression ne devrait pas être trop élevée, le massif calcaire ne dominant que d'une centaine de mètres le Doubs. D'autre part, elles devraient tarir rapidement sauf en période pluvieuse.

Améliorations possibles pour le tracé du tunnel

D'après les coupes réalisées (Planche n° 28), l'entrée NE du tunnel se situerait dans les marnes ptérocériennes. La tenue est mauvaise, le calcaire part en plaques à l'affleurement. Il serait donc préférable d'orienter l'axe du tunnel plus en direction dans la bande calcaire de 120 m d'épaisseur pour éviter les deux zones marneuses qui l'enserrent. Pour cela il serait nécessaire de remonter vers le Nord l'entrée NE, pour attaquer le massif en face l'usine Rhodiaceta entre le pilone électrique de la ligne allant à l'usine et traversant le Doubs, et la maison construite juste au-dessus du chemin de halage. La sortie SO ne devra pas être remontée vers le Nord, au contraire, sans risques de rencontrer les marnes séquaniennes. Pour que le tunnel reste entièrement dans les calcaires il faudrait que l'angle entre l'axe du tunnel et la direction des bancs ne dépasse pas 9°.

(1) M. DREYFUSS (1928)

...

ETUDE GEOLOGIQUE SOMMAIRE DES BIEFS ET ZONES INDUSTRIELLES

Il existe un plan au 1/20 000e du tracé du canal avec les zones industrielles en projet au laboratoire de Géologie de Besançon. Ce plan nous a été fourni par le service de la navigation aux Ponts et Chaussées de Besançon, et l'emplacement de tous les sondages y ont été notés.

Nous ne donnerons pas de détails sur les biefs sauf, sur ceux pour lesquels il existe un problème de creusement, en particulier ceux de Pompierre, Roche-lez-Beaupré, et Avanne où l'on voudrait supprimer les écluses si cela était possible.

Lorsque la navigation se fait dans le Doubs, il n'a pas été possible de calculer la longueur et la profondeur du draguage à prévoir faute d'un plan topographique détaillé donnant la profondeur du chenal. En effet sur les cartes sur lesquelles nous avons travaillé, il n'y a que les cotes de la plaine alluviale. Cette étude serait pourtant très intéressante, pour prévoir si le draguage se fera dans les alluvions ou dans le substratum rocheux.

Mais nous avons calculé le creusement pour les sections en dérivations, et d'après l'épaisseur des alluvions, il est possible de déduire dans quelle type de roche se fera le creusement.

Remarque : Lorsqu'il sera parlé de lit dragué, il s'agira de données fournies par le Service de la navigation à Besançon.

Lorsqu'il sera parlé de creusement, ce sera des mesures calculées pour les dérivations à partir de la cote de la plaine alluviale. Donc le creusement se fera en partie ou en totalité dans les alluvions suivant l'épaisseur de ces dernières. Rappelons que le mouillage est de 3,75 m ici.

Pour la cote des biefs, on pourra se reporter aux planches n° 14-15-16.

...

Bief d'Etupes

Lc : 5,3 (1)

Cuvelage d'étanchéité sur 1 km en amont de l'écluse.

Sondage : (2)

n° A9

0,00 - terre argileuse
1,60 - alluvions calcaires, niveau d'eau à 1,70 m
5,40 - argiles et marnes
6,80 - conglomérat et lits marneux.
16,20

Creusement de 0 à 6 m sur 5,3 km dans les alluvions et marnes. Remblais de 0 à 4 m minimum sur 2,5 km.

Bief d'Exincourt

Lc : 2,7.

Zone industrielle et portuaire de Montbéliard

Cette zone s'étend de chaque côté du canal projeté en entre Fesches-le-Chatel et Exincourt. Les sondages E 1 et E 2 p. 62-65, et d'autre part les sondages A2, 3, 4, 6, 7, 8, réalisés dans les boucles de l'Allan (au droit d'Etupes) en amont de son confluent avec la Savoureuse, donnent une idée du substratum sous les alluvions.

Les alluvions (très peu perméables) ont entre 3,50 et 6 m d'épaisseur dans tous les sondages, et elles reposent sur des marnes jaune veiné de rouge. Sous la terre végétale, épaisse de 40 à 70 cm, vient une terre argileuse jusqu'à 1,80 m au plus puis des sables et graviers, mêlés parfois à des gros galets. Le sondage A 3 a été descendu jusqu'à 41,20 m.

(1) Longueurs en km : Lc : en dérivation
Lr: en rivière.

(2) Alimentation en eau potable de Montbéliard, Ponts et Chaussées, septembre 1956.

...

A 3

0,00
0,40 - Terre végétale
1,60 - argile et graviers
4,20 - alluvions
6,50 - argile jaune
7,40 - marne jaune avec passages rougeâtres
10,70 - marne rouge avec passages jaunâtres
13,35 - " " " " " plus compacte
14,25 - marnes grises, jaunes, rouges
17,50 - calcaire marneux, lits marneux
21,48 - marnes bariolées jaune, rouge, gris, noir, fissures de
27,02 - marne jaune et rouge (retrait à l'air
27,95 - marne blanche
29,40 - calcaire fissuré
30,20 - calcaire à silex
33,60 - marne grise, lits rouges et jaunes
34,11 - calcaire
35,42 - marnes grises et jaunes
36,85 - calcaire marneux , lits marneux
38,10 - marnes feuilletées
39,21 - calcaire très dur
39,97 - marnes feuilletées
41,20 - calcaire et lits marneux feuilletés.

La géologie du secteur a été étudiée p. 17-62, et dans chaque compartiment les données sur le substratum doivent être assez uniformes. Il n'est pas possible de rechercher une zone meilleure pour la zone industrielle à cause de l'étendue des affleurements marneux sous-jacents aux alluvions.

Creusement de 2 à 5 m sur 2,7 km dans les alluvions et les marnes.

Bief de Montbéliard Lc : 4,6

Il sera creusé dans les marnes sur 3 km environ puis dans le calcaire J8a, J7de sur 1 km environ et le reste dans les marnes séquaniennes.

Sondages :

n° 0

0,00
0,30 - terre végétale noire
1,30 - argile grasse, jaune, grise, tourbeuse.

...

	1,30	
	1,90	- galets, sables, graviers
Oligocène -	2,30	- argile grasse, noire
	7,50	- marnes rougeâtres, compactes

n° A 10

cote	0,00	
317,42	2,35	- alluvions, sables jaunes argileux et galets
	5,00	- argile jaune devenant progressivement marneu: e
	6,50	- marne marron contenant de petits fragments calc.
		- calcaire très friable alterné de marnes et d'argile jaune
	8,80	- Calcaire jaune gris, friable contenant des fragments ferrugineux avec un peu d'argile dans les fissures.
	12,80	

Les alluvions sont peu épaisses : 2 à 3 m.
Creusement de 2 à 8 m sur 4,6 km dans les alluvions et dans les marnes et calcaires
Remblais de 0 à 1 à 2 m minimum sur 1,3 km.

Bief de Bavans — Lc : 1,5
Lr : 3,9

De Montbéliard à Voujeaucourt, on aura comme substratum J7dc sur 2 km environ, puis J7ab sur 1 km environ puis le Rauracien sur1 km et le reste sur l'Oxfordien Argovien.

Les sondages E3 p. 71 puis n° 1 donnent une idée de l'épaisseur des alluvions : environ 2 à 4 m (puits de Bavans 3,50 m).

n° 1

	0,00	
	0,45	- terre argileuse jaunâtre
	1,80	- argile jaune sableuse
	3,10	- galets, sables
		- argile jaune avec calcaire fragmenté et fissuré
Séquanien -	4,40	
	5,80	- calcaire blanc fissuré
	7	- calcaire fissuré

...

Ce bief est établi dans l'Allan rectifiée et canalisée avec deux courtes dérivations, puis dans le Doubs (courte dérivation pour aller à l'écluse).

Maximum de creusement en aval de l'écluse de Montbéliard : 7 m dans les alluvions et les calcaires et marnes.

Bief de Colombier-Fontaine — Lc : 0,4 / Lr : 4,1

Vraisemblablement établi en partie sur les calcaires et marnes bathoniennes.

Sondages :

n° 2

	0,00	
	0,60	- terre végétale
	1,40	- sable fin
Bathonien ? -	1,70	- sables et galets
	4,95	- calcaire fissuré avec passage d'argile
	5,65	- calcaire fissuré
	6	- calcaire bleu compact, 1 échantillon

n° 3

	0,00	
	0,70	- terre végétale
	2,80	- sable fin
Bathonien ? -	3,30	- galets et graviers, sables
	5	- marnes bleues.

Alluvions épaisses de 2 à 3 m.

Maximun de creusement : 6 m.

Le lit sera creusé au droit de Bavans et Dampierre. Cependant, ceci pourrait se faire en partie dans des marnes, d'où une réalisation plus facile. En effet, la prospection géophysique (1) faite par le B.R.G.M. en 1957 pour l'étude hydrogéologique de la nappe alluviale a noté une mince bande marneuse interprétée alors comme de l'Oxfordien, mais que nous attribuons au Bathonien. En construisant l'écluse de Berche plus au Nord, comme nous en avons parlé p. 79, il serait possible de profiter de cette bande marneuse pour traverser le seuil de Bavans.

Rappelons que depuis le bief de partage des eaux, les alluvions sont argileuses, il faudfa donc en tenir compte si on les utilise pour construire les talus de remblais.

(1) Mme Lienhardt et M. Munck B.R.G.M. 1957

...

Bief de la Prétière — Lc : 2 ; Lr : 5,8

Etabli sur les calcaires du Rauracien et du Séquanien inférieur. Passages d'Argovien près de Colombier-Fontaine et près de Colombier- Chatelot sur 2 à 300 m en tout. Lit dragué en amont de Longeville.

Sondages :

n° 4

	0,00	
	0,50	- terre végétale jaunâtre
Séquanien -	1,10	- galets, graviers, sables
	8,50	- calcaire un peu crayeux, fissuré

n° 5

	0,00	
	1,10	- terre végétale jaunâtre
	1,60	- limon sableux et graviers
Rauracien -	2,60	- galets et sables
	4	- calcaire oolithique et pisoolithique

Alluvions épaisses de 2 à 3 m, 4 m environ vers Colombier-Chatelot d'après le puits.

Creusement maximum : 4 à 6 m dans les alluvions et calcaires.

Zone industrielle et portuaire de Colombier-Fontaine : l'emplacement semble favorable du point de vue substratum.

Zone industrielle et portuaire de l'Isle-sur-le-Doubs :

Emplacement sur les marnes séquaniennes. Un bassin d'épargne sera construit : il fonctionnera pendant les périodes d'étiage.

Bief de Rang — Lc : 2,3 ; Lr : 5,5

Etabli sur les calcaires du Rauracien et Séquanien, jusqu'au droit d'Appenans, 4,5 km environ, puis sur les marnes oxfoargoviennes jusqu'à l'usine hydroélectrique de la Goulisse (1,5 km environ) et enfin sur les calcaires du Rauracien - Séquanien.

Le fond du lit sera abaissé par draguage en aval de l'Isle-sur-le-Doubs de 0,60 m et en amont de 2,25 m.

...

On peut faire les prévisions suivantes en partant de l'amont:

Sur 600 m environ, on creusera dans les calcaires du Séquanien supérieur, puis sur 250 m environ, dans les marnes séquaniennes, ensuite dans les calcaires rauraciens-séquaniens.

Sondages :

n° 8

0,00
0,45 - terre végétale jaunâtre
1,90 - sable fin argileux
5,70 - alluvions : galets, sables gris
6,50 - roche calcaire, passages d'argiles grises
= Marnes séquaniennes.

n° 9

0,00
1,10 - terre végétale
1,90 - sable fin, jaune, argileux
3,20 - sable fin, gris et graviers
4,50 - galets, graviers, sables

Les alluvions semblent épaisses de 5 à 6 m environ (au puits d'Appenans : 6 m environ)

Dans la dérivation : creusement dans les alluvions (max. : 3,50 m).

Bief de Pompierre — La : 2,1 / Lr : 2,3

Plan d'eau relevé de 3 m vers Pompierre.

Une étude pour le supprimer éventuellement sera entreprise. Mais dans ce cas, des déroctages importants devront être envisagés. En effet, le substratum de la plaine alluviale est en majorité formée de calcaires rauraciens et séquaniens.

Pour le bief prévu actuellement, le lit sera dragué dans la région de Rang.

- Dérivation à l'aval de l'Ecluse de Rang :

Creusement maximum : 7 m

Or les alluvions, d'après le sondage E7 (p. 116), ont aux environs de 4 m d'épaisseur, et au puits de Pompierre on a environ 5 m d'alluvions.

...

- Dérivation à l'amont de l'écluse de Pompierre

Creusement maximum de 4 m

Or les alluvions d'après le sondage E 8 (p. 140) ont environ 5 m d'épaisseur.

- Prévisions pour la nature du substratum sur le tracé de la voie navigable en partant de l'amont :

. sur 800 m environ : calcaire séquanien et rauracien. J 7ab ; J 6
. puis sur 1 km environ : marnes, calcaires de l'Argovien
. sur 1 km environ : calcaires rauraciens et séquaniens J 6 ; J 7ab
. sur 200 m environ : marnes séquaniennes, J 7c
. sur 1 km environ : calcaires , J 7de ; J 8a.

Si l'écluse est supprimée, le creusement et approfondissement du lit seront augmentés de la hauteur de chute de l'écluse c'est-à-dire de 3,25 m.

Bief de Roche-les-Clerval Lc : 0,5 Lr : 8

Ce bief traverse l'anticlinal de Clerval. Il est établi, en amont de la Cluse de Clerval, sur 3 km environ de calcaire séquanien, et en aval sur 2 km environ de calcaire de la Grande Oolithe. A Clerval, il traverse l'anticlinal et atteint les marnes du Lias.

Le plan d'eau sera relevé de 1,75 m dans Clerval et abaissé de 0,20 m en amont de Clerval.

Bief de Baume-les-Dames Lc : 10,8

Le plan d'eau sera maintenu à l'amont, et relevé de 5 m vers Baume-les-Dames.

Ce bief est établi sur les calcaires bathoniens et bajociens pour la moitié environ et sur les marnes liasiques pour l'autre moitié.

...

Sondages :

n° 11

0,00
1,40 - éboulis
3,40 - limon noir, sableux
5 - graviers et galets

n° 12

0,00
0,30 - terre végétale
2,40 - sable fin, argileux
Bathonien - 4,30 - graviers et galets
4,50 - calcaire fissuré

Bief d'Ougney-Douvot Lr : 9,8

Le plan d'eau actuel sera maintenu en aval de Baume-les-Dames et relevé de 3,55 m entre Ougney et Fourbanne.

Le bief sera établi sur les marnes liasiques et triasiques jusqu'à Esnans puis sur les calcaires du bajocien ensuite.

Zone industrielle et portuaire de Baume-les-Dames

L'emplacement n'est pas très favorable, car il est établie sur le passage de deux failles importantes et sur les marnes du Lias et du Trias. En effet, au pont qui a été reconstruit près de Cour, on a trouvé du Trias dans les sondages et celui-ci affleure également à la Grange-Villotey.

Bief de Deluz Lr : 7,5

Le plan d'eau sera relevé dans la partie aval de 2,75 m et abaissé dans la partie amont de 1,65 m par draguage et déroctages. Au milieu il sera voisin du niveau actuel de Laissey.

Le bief est établi sur le calcaire bajocien sur 1,2 km. environ, puis sur les marnes et calcaires du Lias sur 2,5 km, puis sur la retombée Sud de l'Anticlinal d'Aigremont qu'il traverse trois fois dans les couches de l'Oxfordien au Lias.

...

Sondages

n° 12 ter

	0,00	
		- terre végétale
	0,45	
		- sable fin, argileux
	3,55	
		- sables et galets
	6	
Grande Oolithe		- galets et fragments de grès
	8,10	
		- calcaire fissuré oolithique
	9	

n° 12 bis

	0,00	
		- terre végétale
	0,40	
		- sables et graviers
	3,60	
Aalénien inf.		- calcaire fragmenté, éboulis
	4,40	
		- marnes bleues
	8	

n° E 12

	0,00	
		- terre végétale
	0,10	
		- galets et sables
Bajocien inf.	4,50	
		- calcaire fissuré à entroques, 7 passages d'argile
	10,50	

Bief de Roche-les-Beaupré Lc : 0,8
Lr : 8,4

Le plan d'eau sera très voisin du plan d'eau actuel : relevé de 0,14 m, mais il sera nécessaire d'approfondir le lit dans la partie amont ce qui se fera sans trop de difficultés. Mais il est possible que l'on soit obligé de dégager les marnes de l'Oxfordien à l'explosif dans le fond du lit.

La hauteur de chute étant faible, une étude sera faite par la suite pour supprimer éventuellement ce bief.

La moitié environ est établie sur les marnes de l'Oxfordien, l'autre moitié sur les calcaires rauraciens séquaniens.

Sondages :

n° 13 bis

Callovien	0,00	
		- roche bleue compacte
	3,15	
		- roche fissurée, 2 passages d'argile vers 8m
	3,60	

...

n° A 11 (Pont de Vaire)

Pile rive gauche

Cote : 246,08

	0,00	
	1,90	- béton
Oxfordien -	3,00	- sables et galets
	6,10	- marnes sableuses
	6,66	- marne compacte

Pile rive droite

	0,00	
	1,50	- béton
Oxfordien -	3,20	- sables et galets
	4,30	- marnes sableuses
	5,60	- marnes bleues avec passages de marnes calcaires

Culée rive droite

	0,00	
	1	- remblais
	5	- sables
	4,50	- sables et galets gros
Callovien ? -	5,90	- sables, graviers et petits galets
	8,90	- calcaire fissuré.

n° 14

	0,00	
	1,35	- terre végétale jaunâtre
	6	- sables et galets

Les alluvions semblent donc épaisses de 4 à 7 m environ. Le puits de Vaire-le-Grand descend à 6 m et rencontre là les marnes oxfordiennes.

Prévisions pour la nature du substratum sur le tracé de la voie navigable en partant de l'amont :

- sur 500 m environ : calcaire callovien et bathonien
- sur 700 m environ : marnes oxfordiennes
- puis sur 1,3 km environ : calcaire rauracien
- puis sur 3,7 km environ : marnes oxfordiennes
- puis sur 2,7 km environ : calcaires rauraciens et séquaniens.

...

Si l'écluse est supprimée, l'approfondissement du lit sera augmenté de 3 m. Les alluvions semblent assez épaisses, et en amont il n'existerait pratiquement que des marnes à draguer mais relativement dures.

Bief de Besançon — Lc : 1,4 / Lr : 8,1

Le plan d'eau sera relevé de 3,32 m dans la partie aval, de 0,69 m dans la partie médiane et sera abaissé dans la partie amont du bief.

Les alluvions d'après le sondage E 14 et les puit de Besançon ont environ 5 à 6 m d'épaisseur. Or dans la dérivation près de Chalezeule, le creusement sera de l'ordre de 6,50 m.

Le bief est établi de l'amont vers l'aval sur environ 1;5 km de marnes argoviennes et oxfordiennes, puis sur 1,5 km de calcaires calloviens et bathoniens, puis sur 3 km environ de marnes oxfordiennes et le reste sur des calcaires rauraciens et séquaniens.

Zone industrielle et portuaire de Roche-les-Beaupré : Etablie sur les marnes argoviennes dans la partie ouest et sud pour une moitié, et l'autre moitié sur une terrasse haute de 10 m environ. Les conditions sont favorables surtout dans la zone établie sur la terrasse alluviale.

Zone industrielle et portuaire de Besançon

Etablie sur l'axe de l'anticlinal de la Citadelle, les terrains traversés iront du Bjaocien au Séquanien. Les pendages seront forts sur le flanc sud, 50 à 80°, beaucoup moins sur le flanc nord, une vingtaine de degrés.

Sondages réalisés :

S 1

	0,00	
	0,60	- remblai
	5,50	- sables et galets
	5,80	- calcaire fragmenté
Grande Ooli.	7,60	- blocs et galets
	9,10	- calcaire fissuré et argile jaune
	9,20	- calcaire

...

S 2

	0,00	
	4	- remblais
	4,60	- sables et galets
Gde Oolithe -	7,30	- blocs de calcaire
	9	- calcaire oolithique

S 3

	0,00	
Gde Oolithe -	6,80	- remblai
	8,30	- calcaire rose et bleu

Bief d'Avanne. Lr : 5,9

Le plan d'eau sera relevé en aval de 1,89 m, maintenu dans la partie médiane (relèvement de 0,18 m) et a baissé dans la partie amont de 1,67 m.

D'autre part, une étude économique sera entreprise pour savoir si ce bief sera supprimé ou non comme ceux de Roche-les-Beaupré et Pompierre.

Le sondage n° 15 ne révèle pas une profondeur très grande d'alluvions mais nous sommes là tout au bord de la plaine alluviale, et elles sont certainement plus importantes du côté de Beurre. Le puits de Beurre a été descendu à 5,80 m et n'atteint pas le fond imperméable. Le puits de l'U.A.C. lui descend à 8 m.

n° 15

	0,00	
	1,10	- terre végétale
	2,90	- sable fin, jaune
Bathonien -	4,90	- calcaire fragmenté
	5,50	- calcaire

Il semble que les alluvions soient plus épaisses là où existe un substratum marneux.

Prévisions pour la nature du substratum sur le tracé de la voie navigable en partant de l'amont :

...

. sur 1 km environ : calcaires du Séquanien et Rauracien.
. sur 800 m environ : marnes de l'Oxfordien
. sur 1,2 km environ : calcaires du Callovien et Bathonien.

Cette partie pourrait être évitée en tracant le canal plus près de la nationale 83 dans la plaine alluviale. On trouverait là une épaisseur assez grande d'alluvions puis des marnes oxfordiennes, tout cela moins difficile à creuser.

Mais l'inconvénient serait le prix d'achat des terrains situés près de Beurre. Le creusement serait de 7 à 8 m environ.

. sur 1,5 km environ : marnes oxfordiennes
. sur 600 m environ : flanc sud de l'anticlinal de Planoise la Citadelle, traversée des calcaires du Callovien à l'Aalénien.

Le reste sera établi sur les marnes du $L_i$as.

En comptant l'amélioration aux environs de Beurre, cela ferait donc 1,5 à 2 km de substratum calcaire pour près de 4 km de substratum marneux.

Bief de Thoraise — Lc : 0,6 / Lr : 6,9

Le plan d'eau sera relevé de 3,47 m à l'aval et la partie amont sera approfondie.

La presque totalité du bief repose sur les marnes du Lias et peut être du Trias vers Ranceney, sauf dans la partie amont.

Sondages

n° 16

0,00
1,80 - remblai
6 - sables et graviers

n° 17

0,00
0,35 - terre végétale
2,60 - terre jaune, sableuse et argileuse

...

	2,60	- sables et galets
	2,80	- argile grasse jaune
	3	-marnes et galets
Lias moyen -	3,45	- marnes du Lias redressées
	13	

n° E 16 bis

	0,00	
	0,30	- maconnerie
Charmouthien	0,40	- galets
sup.	4	- marnes bleu gris, micacées, inclinées à 45° Elicatula spinosa.

n° 410 (1)

	0,00	
	8,80	- alluvions grossières et argileuses
	11,00	- marnes grises
	12,10	- calcaire marneux et micacé noir
	13,10	- marnes micacées

n° 406

	0,00	
	4,20	- alluvions argileuses
Toarcien ? -	7,25	- alluvions grossières
	11,07	- marnes

n° 401

	0,00	
Toarcien ? -	4,80	- alluvions grossières et argileuses
	10,30	- marnes bleues

Dans la partie amont, à partir du km 164,2 environ, et jusqu'à l'écluse d'Avanne, le bief sera établi sur le flanc nord de l'anticlinal de Planoise, traversant les calcaires de l'Aalénien au Bathonien. Le creusement dans la dérivation sera de 6 m environ et ne semble pas présenter trop de difficultés, étant donnée l'épaisseur des alluvions. Pour éviter les deux courbes très prononcées, il serait possible de creuser un tunnel au Sud d'Aveney dans les marnes du Lias peu difficiles à travailler.

Zone industrielle et portuaire d'Avanne

Elle semble établie sur les calcaires du Bathonien et Callovien pour la moitié Sud Est et sur les marnes oxfordiennes pour la moitié NO.

...

(1) Sondages faits pour l'EDF en 1961

Zone industrielle et portuaire de Montferrand

Son emplacement ne semble pas très favorable car il est établi sur une puissante série de marnes du Lias aux pendages très relevés.

Zone industrielle et portuaire de Thoraise et Torpes

La zone de Thoraise au Sud de la ligne de chemin de fer et celle de Torpes seront placées sur des calcaires faillés et peut-être bouleversés.

Au nord de la ligne S.N.C.F., il semble plutôt qu'elle soit établie sur des marnes.

Sur ces deux zones existera donc pour les fondations des usines, des problèmes de stabilité et de tassement.
Les alluvions dans le méandre de Thoraise semble épaisses d'environ 6 m (puits de Béthanie, au Mont).

Bief d'Osselle — Lc : 2,1 / Lr : 4,8

Le Doubs sera utilisé entre Thoraise et Torpes avec un relèvement de 90 cm. Plus en aval, il sera aménagé et endigué.

Sondage :

A 12

Cote : 225,55	0,00	
	1,50	- terre argileuse avec grès, sables et graviers
	3,20	- argile bleue
Bajoc.inf-	8,20	- sables et graviers
	12	- argile gris foncé, dur, puis très dur.

Les alluvions semblent épaisses de 5 à 8 m (puits de Byans 5 m environ). Le bief est établi sur les calcaires du Bajocien Bathonien et Callovien sur 2,5 km environ, puis sur les marnes oxfordiennes sur 3 km environ, avec un passage près d'Abbans Dessous sur les calcaires callovo-bathoniens sur 5 à 600 m environ.

Bief de St Vit — Lc : 0,9 / Lr : 6,1

Le plan d'eau sera relevé de 2,65 m et la partie amont du bief sera approfondie.

...

Sondages

n° 19

0,00
0,40 - terre végétale noire
1,60 - sable fin jaunâtre, limon
1,80 - terre argileuse
7 - sables et galets

N° 20

0,00
0,30 - terre végétale
3 - argile jaune, sableuse, limon
6 - sables grossiers et galets

Les alluvions sont assez épaisses pour que l'amont du bief soit creusé dans celles-ci.

Bief de Ranchot — Lc : 15,4 / Lr : 5,8

C'est le bief le plus long si l'on ne tient pas compte du bief de partage des eaux. Le plan d'eau sera relevé de 0,31 m entre Fraisans et Ranchot, puis abaissé de 2,05 m en amont de Fraisans. Dans la partie aval, les remblais auront 5 à 6 m de hauteur, et un cuvelage d'étanchéité est prévu sur 5,2 km.

Il sera dans le Doubs de Ranchot à Salans, puis en dérivation de Ranchot à Falletans.

Sondages

n° 21

0,00
0,60 - terre végétale
3,40 - sable argileux
9 - sables et galets

n° 22

0,00
0,35 - terre végétale
3,60 - sable fin
5,80 - graviers et galets
6,20 - calcaire fragmenté
7,60 - sables et galets
Bathonien - 7,80 - argile grise
10 - calcaire compact

...

n° 23

	0,00	
		- terre végétale
	1	
		- argile jaune grasse et graviers
	1,40	
		- sables jaunâtres
Rauracien -	3,20	
		- calcaire blanc, compact, oolithique et à entroques
	7	

L'épaisseur des alluvions semble suffisante pour pour que tout le bief soit creusé dans celles-ci. En aval de Ranchot, la plus grandepartie du bief sera en remblai. Cependant, à Nenon, le bief franchit un petit col à 211 m environ. Or le tracé du canal (cote du bief 212 m) passe sur le versant N de ce col à la cote 215 environ sur 4 à 500 m. Ce versant étant constitué de calcaires calloviens, à très faible profondeur, il serait préférable de faire passer le tracé plus au sud (au sud de la route D 76) où l'on a les marnes oxfo-argoviennes au col lui-même. (marno-calcaire gréseux 10-20 cm alternant avec des marnes feuilletées 20 à 30 cm).

Le creusement du canal serait nettement moins important et difficile dans ce cas.

Zone industrielle et portuaire de Rans-Dampierre-Fraisans

Occupant la largeur de la plaine alluviale, il semble que la partie nord de cette zone sera placée sur les calcaires bathoniens et calloviens, et la moitié sud sur les marnes oxfo-argoviennes.

Bief de Dole — Lc : 8 ; Lr : 4,2

Le plan d'eau à Crissey sera relevé de 0,46 m.

Sondages :

n° 25

	0,00	
		- terre végétale
	0,70	
		- limon sableux - Nappe phréatique à 1,60m
	1,80	
		- graviers et galets
	3,50	
		- sable
	4,90	
		- graviers et sables argileux
	6,50	

...

n° 26

0,00
0,10 - terre végétale
1 - terre végétale argileuse
1,60 - sable fin
3,50 - galets
5,50 - sables et galets

n° 27 bis

0,00
0,80 - remblai
2,80 - argile jaune
5,20 - sables
7 - graviers

n° 27

0,00
0,10 - terre végétale
3,40 - remblai
5,50 - sable vaseux
7 - graviers

L'épaisseur des alluvions semble partout supérieure à 7 m. Creusement maximum (dérivations en amont de Dole) : 7 à 8 m. donc dans les alluvions.
Il sera en remblai sur 3,5 km environ en aval.

Zone industrielle et portuaire de Dole

Une carte du secteur a été levée : planche n° 49, plus pour établir la stratigraphie des environs de Dole (pour les écluses de Choisey et Falletans) que pour faire des prévisions géologiques pour la zone industrielle de Dole. En effet, les alluvions sont épaisses 7 à 10 m au moins et la plupart des bâtiments industriels reposeront sur les alluvions sans doute à l'aide de pieux.

D'autre part, dans le secteur étudié, le peu d'affleurements rive gauche rend difficile l'interprétation géologique sous la plaine alluviale. A part le passage de la faille F 2, dont la direction est incertaine, le substratum sous la zone industrielle semble calme, formé essentiellement de calcaires et marnes du Séquanien, puis de calcaires rauraciens et de marnes argoviennes en allant de St-Ylie vers Dole.

...

La série stratigraphique a été donnée p. 32-35-37
Voir également p. 135, les problèmes cartographiques.

Bief de Laperrière Lc : 10,4

Le maximum de creusement dans la dérivation sera de 7,50 m environ à la sortie aval de l'écluse de Choisey et diminuera ensuite petit à petit jusque près du village de Samecey.

Les sondages suivants (1) donnent une idée des formations que traversera le canal.

S 108

0,00
0,55 - terre végétale
4,30 - gravier, sable, argile jaune
9,50 - sable, gravier, un peu d'argile jaune - eau à
10,40 - sable, argile jaune, peu de graviers (4,65 m
10,70 - argile jaune sableuse

S 113

0,00
2,40 - remblais
5,50 - argile jaune
6,80 - graviers avec argile jaune
9,30 - graviers sableux
11,80 - graviers avec gros cailloux calcaires
12,00 - calcaire

S 112

0,00
0,70 - remblai eau à 0,60
2,20 - terre vase
6,30 - argile bleue avec graviers
11,30 - graviers sableux propre
11,60 - graviers argileux
11,80 - argile jaune

S 116

0,00
1,60 - remblai
5,40 - argile jaune
6,70 - argile jaune et gravier
8,40 - graviers propres
10,20 - graviers et gros galets
11,60 - petits graviers argileux
13,60 - sable fin et galets

...

S 121

	0,00	
	0,20	- remblai
	3,40	- argile jaune, très peu de sable - eau à 1,15m
	4,10	- gravier, sable, argile jaune
	5,30	- graviers, sable, trace d'argile jaune
	11,70	- graviers, sable, peu d'argile jaune
	12,30	- graviers, sable très argileux
	12,90	- sable argileux.

S 123

	0,00	
	0,50	- terre végétale
	1,50	- argile jaune, graviers - eau à 2,40
	6,50	- argile jaune
	9,40	- petits graviers
	10,00	- gravier dur
	12,10	- sable avec gravier
	16,20	- sable gris
Séquanien?	17,20	- sable jaune
	17,40	- calcaire

S 125

	0,00	
	0,70	- terre végétale
	6,50	- argile jaune avec petits graviers
	9,10	- graviers sableux, propres
	10,80	- galets et argile
	12,60	- petits graviers sableux
	14,30	- sable rouge
Séquanien ?	16,00	- sable gris
	16,30	- sable jaune, calcaire

S 126

	0,00	
	0,50	- terre végétale
	1,20	- argile jaune - eau à 2,20 m
	6,40	- argile jaune avec petits graviers
	11,10	- petits graviers avec sable
	13,80	- graviers argileux
	14	- argile bleue.

Le sondage S 131 présente des formations analogues à celles des autres sondages jusqu'à 13,40 m, point où il a été arrêté.

...

Une faille doit passer entre S 128 et S 129 (aux sondages S 128 et S 111 on trouve le calcaire aux environs de 3,50 m et on a que des graviers et argile jusqu'à 13 m au sondage S 129).

Sur la centaine de sondages que nous avons compulsé, les alluvions sont formées de graviers plus ou moins argileux, sous 3 à 6 m d'argile en général avec des passages à galets correspondant vraisemblablement à un ancien lit du Doubs.

Le creusement devrait se faire facilement mais la pente des berges serait à calculer pour ne pas craindre de glissements.

*

* *

...

C O N C L U S I O N

Ce travail doit être considéré comme une étude géologique d'ensemble de l'avant-projet d'une section de la liaison Rhône-Rhin.

Nous avons d'une part situé l'avant-projet dans son cadre géologique, et procédé d'autre part à une reconnaissance des principaux ouvrages, destinée à serrer de plus près les problèmes techniques pour lesquels la constitution géologique du sous-sol est susceptible d'intervenir.

Les études géologiques ont fait appel à l'ensemble des disciplines de cette science, en tenant compte aussi bien des observations possibles que des données bibliographiques et des résultats des forages de reconnaissance.

Une grande partie des travaux devant être réalisée dans les alluvions du Doubs ou à leur base, une première tâche a consisté à préciser l'épaisseur des dépôts qui croit de 2 à 3 m dans la partie amont (jusqu'à l'Isle-sur-le-Doubs) à plus de 10 m (à partir de St Vit).

La géologie du substratum a donné lieu à des difficultés variables suivant les secteurs ; relativement aisés à résoudre lorsque la direction des couches et des failles est perpendiculaire au Doubs, les problèmes sont plus délicats lorsque les accidents sont sensiblement parallèles à la rivière. D'autre part, dans la partie aval, des alluvions anciennes masquent les rives et rendent difficile l'interprétation de la géologie sous-alluviale.

La nature des formations dans lesquelles sera creusé le tunnel coupant la boucle de Besançon est relativement plus aisée à établir. Les affleurements ne manquent pas et la faille du Doubs, accident principal que l'on aurait pu craindre de rencontrer, se trouve franchement exclue du tracé.

C'est dans ces conditions qu'on été établies les cartes et coupes géologiques annexées à ce mémoire.

...

Il ne peut s'agir pour l'instant que de cartes provisoires, et à propos de chaque ouvrage des indications ont été données pour définir le mode de recherche (sondage, géophysique) susceptible d'apporter davantage de précisions.

Les propositions relatives à cette prospection nécessaire nbnt été données que dans leurs grandes lignes, car nous avons pensé que le géologue n'a pas à prendre seul la responsabilité de l'exécution de ces travaux mais de mettre le maitre de l'oeuvre à même de choisir, en fonction notamment des connaissances géologiques déjà acquises.

Dans quelques cas, la précision nous est apparue suffisante pour que des suggestions aient été énoncées concernant quelques améliorations.

Ces suggestions sont essentiellement fondées sur des arguments géologiques ayant des conséquences sur la sécurité et l'efficacité de l'ouvrage, mais dont nous n'avons pas évalué les incidences positives ou négatives sur le prix de réalisation.

Nous espérons que nos résultats permettront de serrer de plus près les problèmes d'ordre géologique lors de l'établissement du projet détaillé de chacun des ouvrages, et faciliteront ainsi leur réalisation dans les conditions les meilleures.

*
* *
*

...

L I S T E D E S A U T E U R S C O N S U L T E S

Abréviations :

- A.Sc.U.Besançon : Annales Scientifiques de l'Université de Besançon.
- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- BSCGF : Bulletin du Service de la Carte Géologique de France.
- BSGF : Bulletin de la Société géologique de France
- BSHND : Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle du Doubs.
- CRAc.Sc. : Compte rendu de l'Académie des Sciences
- CRSSGF : Compte rendu sommaire de la Société Géologique de France.

R. ALLARD et G. KIENERT - 1959 - Notions de Travaux Publics Eyrolles.

E. BENOIT : Note sur le Sidérolithique des environs de Montbeliard. BSGF, 2e série, t. 12, p. 1025

P. BIROT - 1959 - Précis de géographie physique générale. Ed. A. Colin.

A. BONTE - 1944 - Sur la limite du Rauracien et du Séquanien aux environs de Besançon. CRSSGF, p. 165.

1945 a - Sur le Callovien de Besançon. BSHND, n° 51, p. 71-80

1945 b - Les horizons du Callovien dans les environs de Besançon. CRSSGF, p. 17.

1946 - La faille de Thise et le fossé d'effondrement de Palente. BSGF, n° 221, p. 123.

...

A. BONTE - 1948 - Feuille de Besançon au 1/50 000e. La rive droite du Doubs de Besançon à Roche. BSCGF, t. 47, n° 225, p. 97.

1953 - Introduction à la lecture des cartes géologiques. Ed. Masson.

Abbé BOURGEAT - 1918 - Observations sur le Jurassique de la région de Dole et du Haut Jura. BSGF, t. 18, p. 106.

J. BULLE et M. ROLLET - 1960 - Remarques sur la combe séquanienne dans la région de Besançon. A Sc. U. Besançon, 2e série, Géologie, fasc. 13.

A. CAIRE - 1951 - Les rapports entre Oxfordien, Argovien et Glyptigien dans le Jura salinois. BSHND, n° 55.

1953 - A propos de la découverte d'un rameau de conifère dans l'Argovien de Dole (Jura). BSHND, n° 57.

1955 - Remarques sur le système de failles de St Léonard près de Besançon (Doubs). A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, fasc. 3.

L. CALEMBERT - 1962 - Le rôle général de la géologie dans les travaux d'intérêt public.
- L'étude géologique de la région liégeoise en liaison avec les travaux d'intérêt public.
- Réflexions sur l'organisation et les modalités des recherches géologiques en vue de la réalisation des travaux d'intérêt public.
Institut de Géologie, 7 place du Vingt Août, Liège (Belgique). Publications n° 5-6-7.

G. CASTANY - 1960 - Rôle de la géologie appliquée aux grands travaux du génie civil. BSGF, t. 2, 7e série.

G. CHABOT - 1927 - Les plateaux du Jura central

P. CHAUVE - 1959 - Bibliographie générale du Jura français. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, fasc. 9.

R. COLLE - 1949 - Le bassin du Doubs. A.Sc.U.Besançon, 1re série, t. 4.

1952 - Le bassin du Doubs (suite).A.Sc.U.Besançon, 1re série, t. 6,7.

...

L. COLLOT - 1903-1904 - Sondage d'Auxonne au lieu-dit "les Granges". Mém. Ac. Sc. Arts et Belles lettres de Dijon, 4e série, t. 9, p. 195-202.

Ch. CONTEJEAN - 1859 - Etude de l'étage Kimméridgien dans les environs de Montbéliard et dans le Jura. Paris.

1862 - Esquisse d'une description physique et géologique de l'arrondissement de Montbéliard. Mém. Soc. Emmul. Montbéliard, 2e série, t. 4, p. 41-127.

G. CORROY - 1937 - L'anticlinal duCusancin près de Baume-les-Dames; CRSSGF, p. 215.

G. CUENOT - 1921 - Fleuves et rivières. Ed. Dunod.

M. DARMOIS - THEOBALD - 1961 - La vallée du Doubs et les abords de Vaire à Clerval. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, fasc. 14.

R. DESCOMBES - 1959 - Le canal du Rhône au Rhin. Bull. Special n° 1, Soc. Indus. Mulhouse.

J. DEVANTOY - 1952 - Contribution à l'étude tectonique de la partie Sud du Belfortais. Bull. Soc. Belfort d'Emmul. n° 58.

1954-1955 - Le Sidérolithique et les dépôts à minerai de fer pisoolithiques des environs de Belfort. Bull. Soc. Belfort d'Emmul. n° 59

1958 - Note sur la stratigraphie du système de Bourogne. BSGF, n° 255, t. 56.

1959-1960 - Les formations tertiaires de la porte de Bourogne connues sous le nom de système de Bourogne. BSHN du pays de Montbéliard.

M. DREYFUSS - 1928 - Exploration d'une nouvelle grotte aux portes de Besançon. BSHND, n° 37, p. 44,47, 1 plan.

1935 - Marnes du Lias de Franche Comté. BSHND, n° 45, p. 1-90.

1938 - Marnes et marno-calcaires de l'Oolithe franc-comtoise. BSHND, n° 48, p. 51-82.

1946 - Guide pratique du géologue de terrain pour l'étude des formations secondaires. Montpellier.

...

M. DREYFUSS - 1950 - Remarques sur l'Argovien du Jura.

1951a- Remarques sur l'évolution du faisceau bisontin. BSGF (6), tome 1, p. 777.

1951b- les lacunes dans le Callovien et l'Oxfordien du Jura occidental sont-elles dues aux courants de marées? CRSSGF, p. 98.

1956a - Circulation sous-cutanée et glissements actifs, agents d'érosion des combes marneuses du Jura bisontin. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie Fasc. 4.

1956b - Lexique stratigraphique international. Jurassique S.str.

1957 - Conditions de drainage et d'assèchement de quelques régions marécageuses du Jura franc-comtois. BSGF, (6), t. 7, p. 955.

1958 - Un glissement de terrain remarquable de la route départementale n° 240 entre Loray et Plainbois-Vennes (Doubs).

- Les sondages du nouveau pont de Baume-les Dames. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, fasc.8.

1960 - Caractères généraux et histoire géologique du Jura. Bull. Union Naturalistes de l'Enseignement, n° 2.

M. DREYFUSS et L. GLANGEAUD - 1950 - La vallée du Doubs et l'évolution morphotectonique de la région bisontine. A.Sc.U.Besançon, 1re série, Géologie, t. 5, fasc.2.

M. DREYFUSS, N. THEOBALD et J. THIEBAUT - 1962 - Vue d'ensemble sur le Jura franc-comtois et la retombée méridionale des Vosges. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, fasc. 16.

P. FALLOT, G. CORROY et G. GARDET - 1933 - Données stratigraphiques et tectoniques nouvelles sur la feuille de Montbéliard. BSCGF. t. 34, n° 181.

E. FOURNIER - 1900 - Les réseaux hydrographiques du Doubs et de la Loue dans leur rapport avec la structure géologique. Ann. Géo. t. 9, n° 45.

1913 - Le Doubs et la Loue. Soc. Sc. Natur, Doubs n° 23.

...

E. FOURNIER - 1919 - Gouffres et grottes du département du Doubs. Besançon.

1923 - Grottes, rivières souterraines. Besançon.

1926 - Eaux souterraines, sources, résurgences, exurgences et nappes aquifères. Besançon.

L. GACHON - 1953 - Hydrographie du Jura. Hydrographie karstique et hydrographie superficielle. BSHND, n° 57.

A. GIBERT - 1930a- Notes sur le mécanisme des crues du Doubs en amont de Besançon. Etudes Rhodaniennes, T. 6, n° 3, p. 307-314.
1930b- La porte de Bourgogne et d'Alsace.

1945 - Remarques sur le réseau hydrographique du Jura. Etudes Rhodaniennes.

M. GIGNOUX - 1955 - Géologie des barrages. Ed. Masson.

A. GIRARDOT - 1896 - Le système oolithique de la Franche-Comté septentrionale. Paris.

1922 - Géologie stratigraphique et le système oolithique en Franche-Comté.

E. GIRARDOT - 1934 - Le bassin supérieur de la Savoureuse. Etude morphologique, climatologique et hydrologique. Bull. Soc. Belfort d'Emmul., n° 48.

L. GLANGEAUD - 1945 - Le rôle des failles dans la structure du Jura externe. BSHND, n° 51, p. 17-38.

1946 - Les nouvelles théories sur le Jura. BSHND, n° 52, p. 5-15.

1947 - Session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique tenue à Besançon. Soc. Géol. Belgique, t. 73.

1949a - Evolution morphotectonique du Jura septentrional pendant le Miocène supérieur et le Pliocène. CR Ac.Sc., t. 229, p. 720-722.

1949b - Les caractères structuraux du Jura. BSGF, t. 19, p.669-688.

1951 - Réunion extraordinaire dans le Jura franco-suisse. BSGF, p.764.

...

L. GLANGEAUD et J. DEVANTOY - 1950 - La structure de la trouée de Belfort. CR Ac.Sc., t. 230, p. 108-110.

L. GLANGEAUD et M. MATTAUER - 1955 - A propos des chevauchements du faisceau bisontin. BSHND, n° 59.

L. GLANGEAUD, R. PEZARD, S. FRANCOIS, M.J. PERRENOUD, M. TOITOT -1956 - Les nappes phréatiques et artésiennes du Jura septentrional (Doubs). Leurs relations avec les réseaux karstiques. BSGF (6), t. 6, p. 531.

J. GOGUEL - 1948 - Essai d'interprétation géophysique de la Bresse et du Bas-Dauphiné, BRGGM, n° 6.

1959 - Application de la géologie aux travaux de l'Ingénieur. Ed. Masson.

E. JOURDY - 1865 - Etude de l'étage Séquanien aux environs de Dole, BSGF, t. 23, p. 155.

1871 - Etude géologique des environs de Dole. BSGF, 2e série, t. 29.

A. JOURNAUX - 1956 - Les plaines de la Saône et leurs bordures montagneuses. Caen.

W. KILIAN - 1884 - Note sur les terrains tertiaires du territoire de Belfort et des environs de Montbéliard BSGF, t. 12.

A.F. de LAPPARENT - 1943 - Les Dinosauriens de Damparis. Mém. Soc. Géol. Fr. t. 21, n° 47.

A. LEFAVRAIS-RAYMOND - 1961 - La Bresse et le Bas-Dauphiné au Tertiaire. BSGF, 7e série, t. 3, n° 1.

P. LEVEQUE - 1952 - Notes et mémoires du Service Géologique du Maroc, n° 98, Géologie des Travaux Publics. Rabat.

Mme LIENHARDT et M. MUNCK - 1957 - Nature du substratum et interprétation géologique d'après sondages électriques et géologie pour une étude hydrologique à Bavans. BRGM.

...

E. de MARGERIE - 1922 - Le Jura. Bibliographie. Mém. Serv. Carte Géol. Fr.

1936 - Le Jura. Description tectonique. Paris

M. MATTAUER - 1955 - Quelques précisions sur l'évolution morphotectonique du faisceau bisontin. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, fasc. 3.

A. MAYER - 1954 - Les terrains perméables. Dunod.

A. MERLE - 1905 - Les gîtes minéraux et metallifères et les eaux minérales du département du Doubs.

L. MEYER - 1928 - Etude stratigraphique du terrain oligocène de la Haute Alsace et du Territoire de Belfort. Bull. Serv. Carte. Géol. Alsace.Lorraine, t. 1, fasc. 3.

R. MOUTERDE - 1956 - Lexique stratigraphique international. Lias.

M. PARRANDIER- 1882 - Topographie stratigraphique et podrome de géologie utilitaire. Dunod.

M. PARDE - 1925a- Le régine du Rhône. Grenoble.

1925b- Calcul des débits du Rhône et de ses affluents. Grenoble.

1933 - Fleuves et rivières. A. Colin.

A. REUSSNER, A. CAIRE, L. CLANGEAUD, J. GOGUEL, M. GUILLAUME, J. de MANTORT, F. MUNCK, J.P. PERRENOUD, J. RICOUR, B. STANADIN 1956- Trois exemples de reconnaissances hydrogéologiques d'alluvions dans le département du Jura. Campagne de Tavaux, p. 519, BSGF (6), t. 6.

M. ROLLET - 1959 - Etude de deux coupes de l'Argovien à Besançon et à Fertans. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, Fasc. 9.

L. ROLLIER - 1897 - Compte rendu de l'Excursion dans l'Oligocène des environs de Montbéliard. BSGF, 3e série, t. 25, p. 1032.

J. TALOBRE - 1957 - La mécanique des roches. Dunod.

...

K. TERZAGHI et R.B. PECK - 1957 - La mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au batiment. Dunod.

N. THEOBALD - 1956 - Les alluvions anciennes aux environs de Belfort. A.Sc.U.Besançon, 2e série, Géologie, Fasc. 4, p. 7-17.

1957-1958 - Variations de faciès du Bathonien entre Belfort et Besançon. BSHND, n° 61.

1958 - Observations stratigraphiques sur la feuille de Belfort au 1/50 000e. BSCGF, n° 225, t. 61.

1961 - Stratigraphie du Lias dans la Franche-Comté. Colloque sur le Lias français. Mém. du BRGM, n° 4, p. 625-632.

DIPLOMES D'ETUDES SUPERIEURES - BESANCON

Mme G. LETOUBLON-MENU - 1960 - Contribution à l'étude de l'hydrographie de la région de St Symphorien- sur-Saône. (Diplôme de Lettres, 2e question).

B. MARY - 1956 - Contribution à l'étude géologique du Jura Dolois.

M.J. PERRENOUD - 1955 - Etude sédimentologique des alluvions de la Savoureuse et du Doubs entre les Vosges et Besançon.

J.M. PIERRON - 1953 - Contribution à l'étude géologique du Jura septentrional dans la région de Clerval.

F. QUEYRANNE - 1956 - Contribution à l'étude géologique du Jura Dolois.

B. RENARD - 1957 - Etude géologique de la région entre St Vit et la faille du Doubs.

...

THESES DE 3e CYCLE EN PREPARATION

intéressant le présent sujet

J.P. CAUTRU : sur la région de Vaire à Baume-les-Dames (monographie)

J. LANDRY : sur l'arrondissement de Montbéliard

J. MARTIN : sur l'arrondissement de Besançon

G. MONEK : sur la détermination des bassins versants duDoubs et ses affluents en fonction de la topographie et de la géologie.

J.C. SEGUIN : sur la région de Baume-les-Dames à Roche-les-Clerval (monographie)

J.B. SIRI : sur la région de Quingey (monographie).

*
* *

...

TABLE DES PLANCHES

Les cartes marquées * (n° 3 - 5 à 13 - 24 - 31 à 49) sont déposées dans un dossier à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Géologie, Besançon. Les tirages de ces plans et cartes y ont été déposés également (sauf pour les n° 5 à 12).

1 - Bassins versants du Doubs et profil en long (d'après R. Colle).

2 - Données climatologiques pour le bassin du Doubs (observatoire de Besançon).

3* - Situation actuelle et future de la liaison Rhône-Rhin (Ponts et Chaussées).

4 - Profils du canal et plan d'implantation des barrages et écluses (Ponts et Chaussées).

5* - 6* - 7* - 8* - 9* - 10* - 11* - 12* - Plan du canal, Biefs, zones industrielles, implantation des sondages (Ponts et Chaussées).

13* - Structure générale du substratum et des abords du canal. Carte et Coupes au 1/80 000e (terrasses de la vallée de la Saône d'après A. Journaux).

14 - 15 - 16 - Carte géologique et tectonique simplifiée. Plan d'implantation des barrages, écluses, tranchées, tunnels, cote des biefs, hauteurs des chutes des écluses au 1/200 000e.

17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - Profil stratigraphique général aux environs de Montbéliard, Besançon et Dole. Jurassique et Lias au 1/750e.

24* - Coupes géologiques au 1/5 000e pour les divers secteurs étudiés.

25 - 26 - 27 - Coupes géologiques au 1/10 000e.

28 - Coupes géologiques au 1/5 000e. Tunnel de Besançon
29 - Coupes géologiques au 1/10 000e.

...

30 - Figurés et notations utilisés pour les cartes géologiques

Cartes géologiques au 1/5 000e(*)et réduites :

31 - Montbéliard
32 - Bavans
33 - Colombier-Fontaine
34 - La Prétière
35 - Rang
36 - Pompierre
37 - Roche-les-Clerval
38 - Baume-les-Dames
39 - Ougney-Douvot
40 - Deluz
41 - Roche-Lez-Beaupré
42 - Besançon
43 - Avanne
44 - Thoraise
45 - Osselle
46 - Salans
47 - Ranchot
48 - Falletans
49 - Dole

*

* *

...

C A R T E S U T I L I S E E S

P H O T O S A E R I E N N E S

Cartes Géologiques au 1/80 000e Montbéliard
Besançon

Cartes topographiques au 1/20 000e ou 1/25 000e utilisées et coordonnées Lambert des écluses et barrages.

Belfort	5-6					
Delle	1	Etupes		x= 941,8	-y=	289,8
		Exincourt		939,4	-	288,5
Montbéliard	3-4	Montbéliard		935	-	287,8
		Bavans	Barrage	932,8	-	284,9
			Ecluse	932,2	-	284,75
		Colombier-Fontaine	Barrage-écluse	928,4	-	282,8
Montbéliard	1-2	La Prétière	Barrage	923	-	280,2
			Ecluse	921,3	-	281,3
			Tranchée: Courbe	entre :		
				923	-	280,7
			et	921,7	-	281
		Rang	Barrage	916,6	-	279,7
Montbéliard	5-6		Ecluse	917,6	-	278,4
		Pompierre	Barrage	915,9	-	276,5
			Ecluse	916,2	-	276,8
Baume-les-Dames	7-8	Roche-les-Clerval	Barrage-écluse	912,6	-	271,6
		Baume-les-Dames	Barrage-écluse	904,8	-	268,6
Vercel	3-4					
Vercel	1-2	Ougney-Douvot	Barrage-écluse	897,7	-	265,4
		Deluz	Barrage-écluse	892,5	-	262,5

...

Besançon	4	Roche-lès-Beaupré	Barrage	885,5 -	258,7
			Ecluse	885,1 -	258,9
Besançon	8	Besançon	Barrage	879,9 -	255,2
			Ecluse	879,3 -	253,4
			Tunnel		
			entrée	880,8 -	253,95
			sortie	879,4 -	253,45
Besançon	7	Avanne	Barrage, écluse	875 -	-250,8
Besançon	6	Thoraise	Barrage	870,6 -	247,6
			Ecluse	870,2 -	246,9
			Tranchée	Courbe entre :	
				870,75 -	247,3
			et	870,55 -	247,2
Quingey	1-2	Osselle	Barrage	867,1 -	243,2
			Ecluse	866,4 -	244,2
Besançon	5	Salans	Barrage	862,2 -	247,3
			Ecluse	861,8 -	247,1
Dole	4	Ranchot	Barrage	856,9 -	244,2
Dole	3	Tranchée de Nenon		Courbe entre :	
				846,35 -	241,45
			et	845,8 -	241,15
Dole	2	Falletans	Ecluse	844,3 -	238,75
Dole	1	Dole	Barrage	838,8 -	235
Dole	5	Choisey	Ecluse	835,3 -	233,4
Seurre	8				
Seurre	4	La perrière	Ecluse	826,4 -	237,8

A partir de ces cartes, des secteurs ont été aggrandi par photo au 1/5 000e. Les négatifs ont été déposés au Laboratoire de Géologie de Besançon. Ces secteurs ont été encadrés sur les planches 14, 15, 16.

...

Photos aériennes utilisées

Montbéliard - Ferrette 1951

n° 1 et 2
n° 43 à 46
n° 55 à 48
n° 76 à 90
n°100 à 107

Baume-les-Dames 1951

n° 52 à 57
n° 82 à 90

Besançon - Damprichard 1951

n° 20 à 26
n° 46 à 52
n° 82 à 84

*
* *

...

T A B L E D E S M A T I E R E S

pages

Introduction..... 1

Hydrographie du Doubs; circulation karstique, cours, bassins versants, profils..... 3

Hydrologie du Doubs : régime, débit, crues, données climatologiques..... 7

Caractéristiques générales du canal et des ouvrages. Problèmes..... 11

Géologie générale..... 17

- Secteur compris dans le golfe tertiaire de Montbéliard : Stratigraphie
Tectonique
Histoire de la région..... 20

- Secteur compris entre Montbéliard et Damparis... 22

Stratigraphie: - Dépots superficiels. 22
- Portlandien - Kimm.. 25
- Séquanien..... 28
- Rauracien..... 33
- Argovien, Oxfordien. 35
- Callovien..... 38
- Bathonien..... 40
- Bajocien supérieur Grande Oolithe..... 42
- Bajocien inférieur.. 43
- Lias..... 45

Tectonique..... 48

Histoire de la Région..... 50

- Secteur compris entre Damparis et St Symphorien-sur-Saône..... 52

Résistance des roches, composition des marnes, altération des roches..... 55

Seconde partie : Présentation..... 58

Etude des emplacements des écluses et barrages..... 61

...

- sur une alternance et superposition de sables ou grès et d'argile ou marnes..... 61

. Ecluse d'Etupes (Oligocène)..... 61
. Ecluse d'Exincourt (Oligocène)..... 65
. Ecluse de Laperrière (Pliocène)..... 66

- sur une alternance et superposition de marnes et de calcaires..... 70

1 - avec un pendage presque horizontal

. Ecluse de Montbéliard (Séquanien)..... 70

2 - avec un amont pendage

. Barrage de Bavans (Argovien)..... 73

- Sur un substratum marneux..... 78

1 - avec un amont pendage transverse

. Ecluse de Berche (Oxfordien)..... 78
. Barrage de Rang (Oxfordien)..... 79

2 - avec un aval pendage

. Barrage d'Osselle (Oxfordien)..... 83

- Cas où les alluvions sont trop épaisses..... 86

. Barrage, Ecluse de Salans (Callovo-Bathonien) ..... 87 Subs-
. Ecluse de Falletans (Séquanien) tratum. 90
. Ecluse de Choisey (Séquanien) 93

- sur un substratum formé de 2 roches de nature différente..... 95

. Barrage, Ecluse d'Avanne (Lias-Bajocien).... 95

- sur un substratum calcaire..... 98

1 - Faillé

. Barrage de la Prétière (Séquanien Rauracien)..... 98
. Barrage, écluse de Baume-les-Dames (Grande Oolithe - Bathonien).... 102
. Barrage de Ranchot (Bathonien)..... 106

...

2- avec un amont pendage transverse..... 111

. Barrage, écluse de Roche-les-Beaupré (Séquanien, Rauracien)..... 111
. Ecluse de Besançon (Séquanien)..... 114

3 - avec un pendage presque horizontal..... 115

. Ecluse de Médière (Séquanien)..... 115
. Ecluse de Rang (Séquanien)..... 116
. Barrage, écluse d'Ougney (Gde Oolithe) 117
. Barrage de Thoraise (Bajocien inf.).. 122
. Barrage de Besançon (Bathonien)..... 126

4 - avec un aval pendage..... 127

.Barrage, écluse de Roche-les-Clerval (Bathonien)..... 127
. Barrage, écluse de Deluz (Bathonien). 130
. Barrage de Crissey (Séquanien)..... 134

5 - avec un amont pendage..... 136

. Barrage, écluse de Colombier-Fontaine (Grande Oolithe)..... 136
. Barrage, écluse de Pompierre (Kimméridgien)..... 140
. Barrage de Thoraise (Bathonien)..... 143
. Ecluse d'Osselle (Bathonien)..... 144

Etude des tranchées..... 146
- Tranchée de la Prétière..... 146
- Tranchée de Thoraise..... 149

Etude du tunnel de Besançon..... 151

Etude des biefs et zone industrielles..... 156

Conclusion..... 178

Bibliographie - Diplomes consultés - Thèses de 3e Cycle en préparation..... 180

Table des planches..... 189

Cartes topographiques et photos aériennes utilisées. (coordonnées Lambert des écluses et barrages)..... 191

E R R A T A

p. 20 : Tectonique. Un troisième décroché de 45 m au lieu de relevé. Voir à ce sujet "Alimentation en eau potable de Montbéliard". Retch.1956.

p. 29 : Calcaire à Natices: ...fragments cubiques au lieu de : chimiques

p. 32 : 2e paragraphe : géodes remplies de calcite

p. 43 : 1er paragraphe : sur le Bajocien inférieur

p. 48 : formations triasiques : mettre système au lieu d'étage

p. 50 : (1) correspond à (1) M. DREYFUSS 1960

p. 52 : oligocène : mettre : conglomérats (galets de calcaires...)

p. 57 : pertes du Doubs au lieu de pertes de la Loue

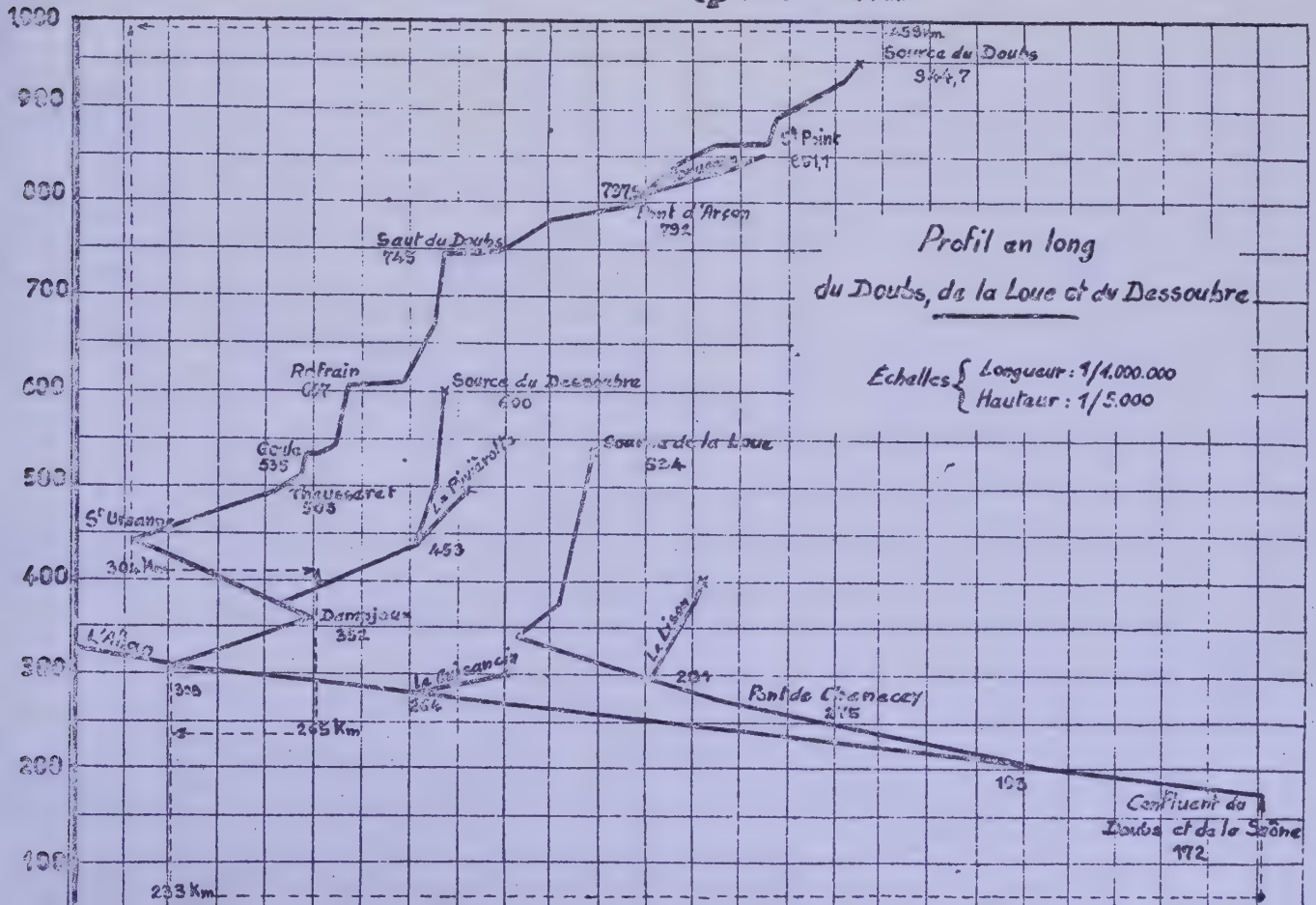
p. 115 : 3e paragraphe : la repousser vers le Sud ne peut être que favorable

p. 148 : sondage n° 7 : à la zone A au lieu de : à la zone B

-- LE DOUBS ET SES AFFLUENTS --

Échelle: 1/500.000

---: Limites de bassins.
.....: Courbes pluviométriques.



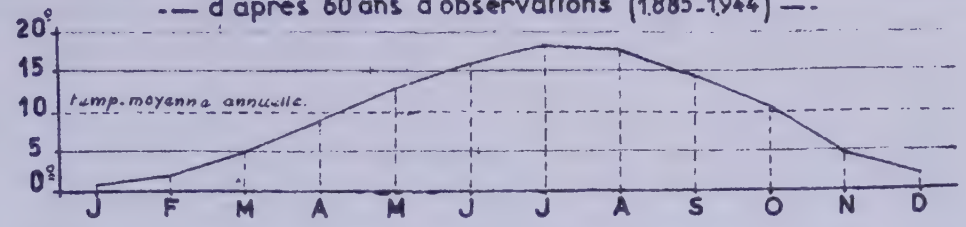
Profil en long du Doubs, de la Loue et du Dessoubre

Échelles { Longueur : 1/1.000.000
Hauteur : 1/5.000

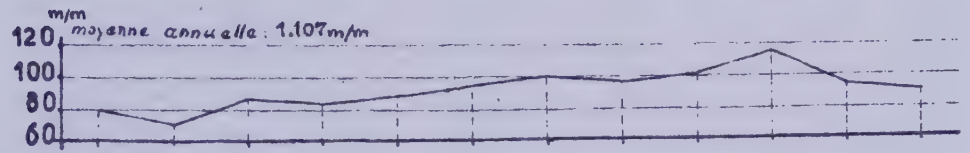
ELEMENTS CLIMATOLOGIQUES D'UNE ANNEE MOYENNE

-- d'après 60 ans d'observations (1.885-1.944) --

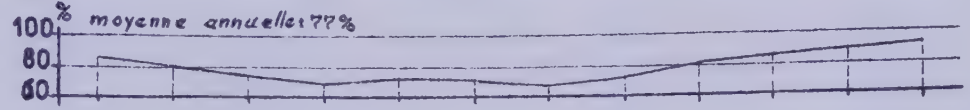
Température :



Pluie :

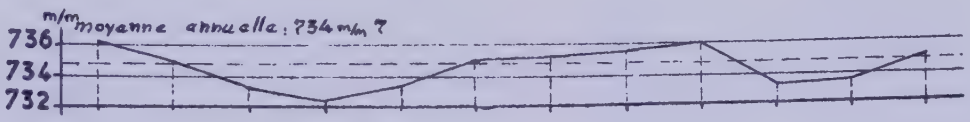


Humidité :



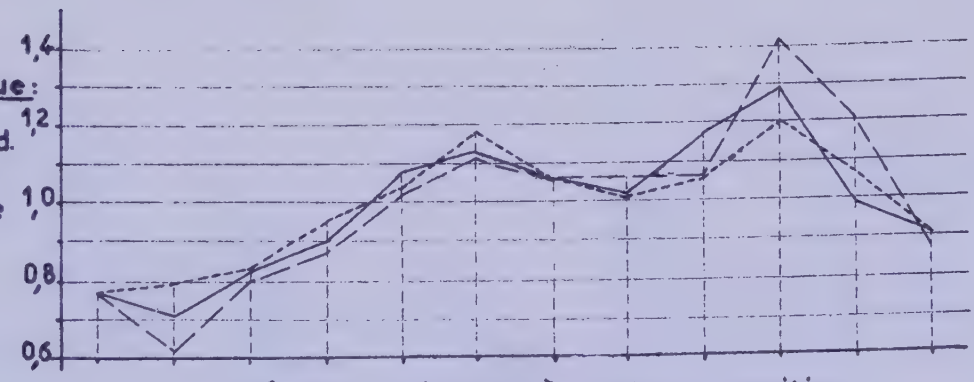
Nébulosité : Moyenne annuelle 65 %.

Pression :



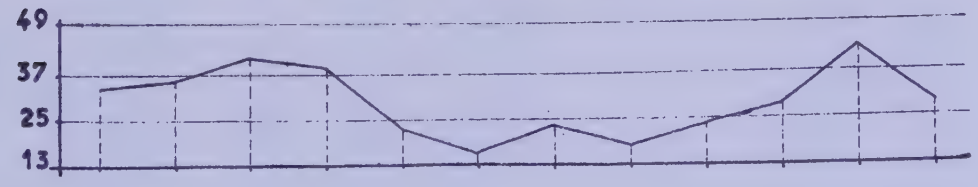
Vent dominant : S.W. toute l'année.

Coefficient pluviométrique :

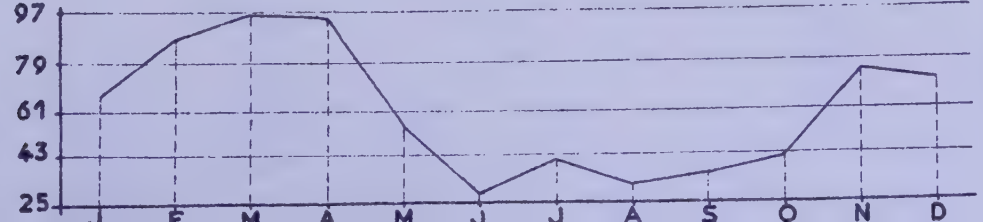


Régime continental à tendance maritime.

Module spécif. litre/sec/km²:



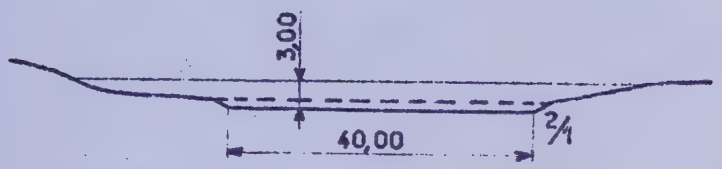
Coefficient d'écoulement :



Moyenne de 16 années consécutives.

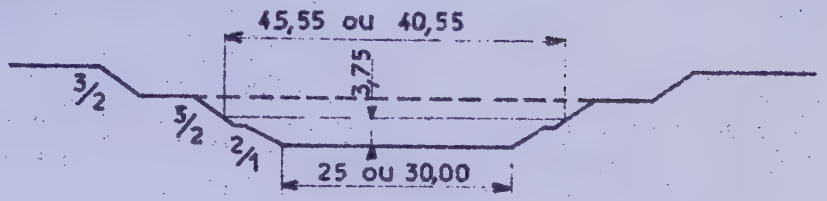
Echelle: 1/1000

Section large

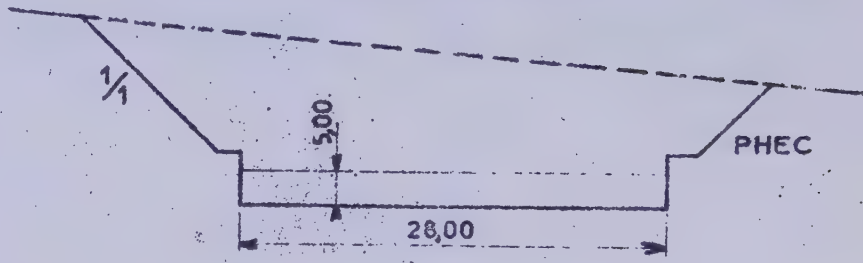


Section rétrècie

PROFIL TYPE EN DERIVATION

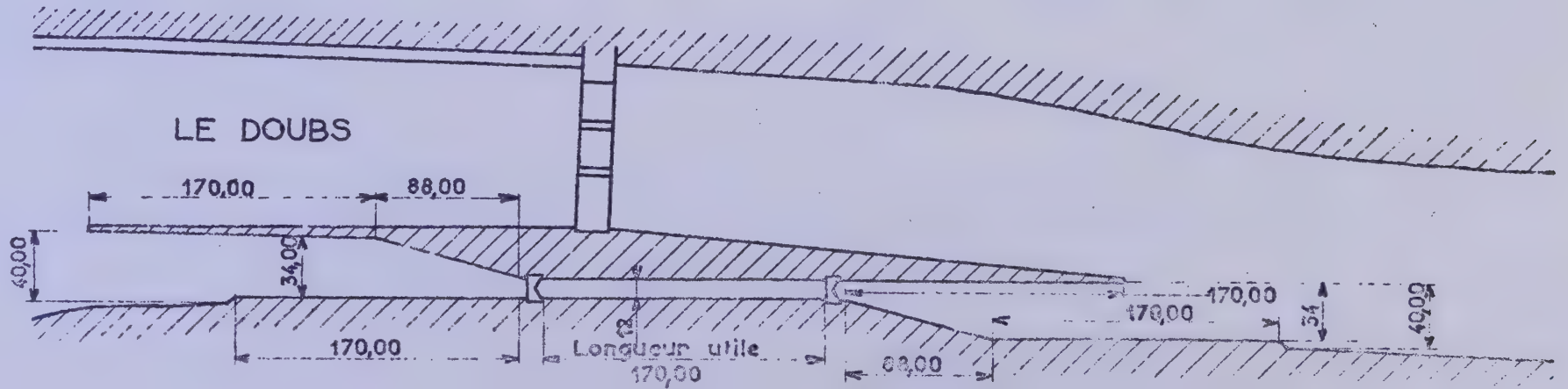


PROFIL TYPE EN TRANCHEE



PLAN D'IMPLANTATION BARRAGE ECLUSE

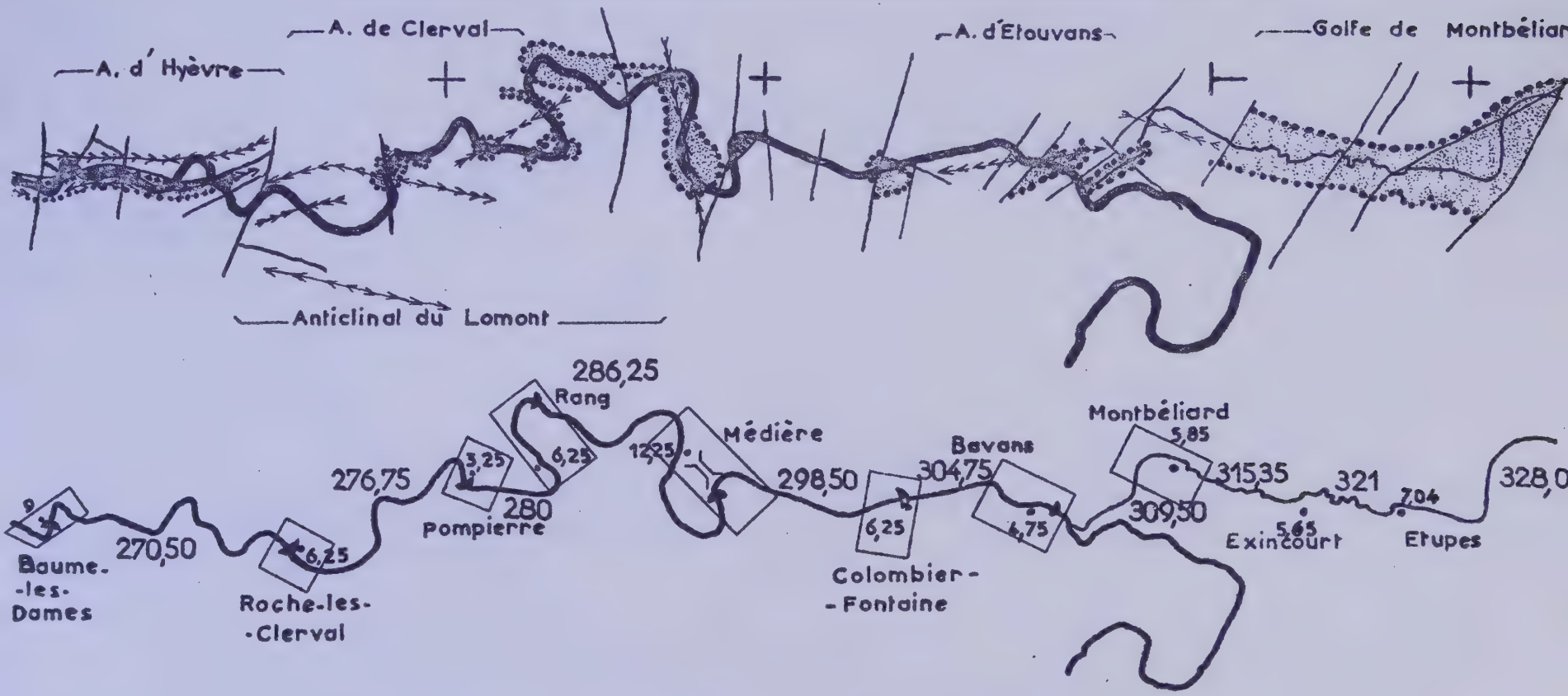
Echelle: 1/4000



pl. 4

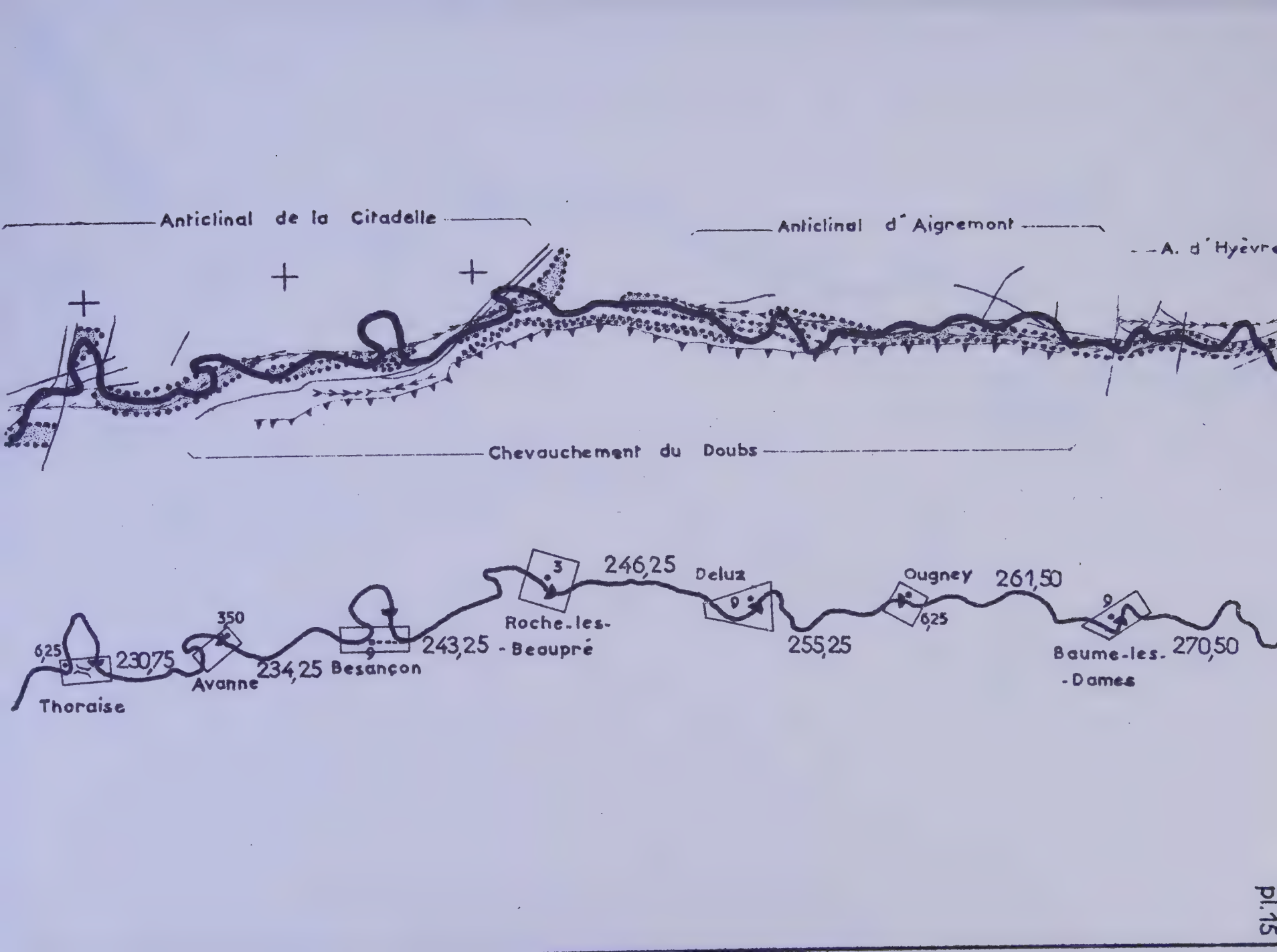
CARTE GÉOLOGIQUE ET TECTONIQUE SIMPLIFIÉE

- Chevauchement
- Faille
- Axe anticlinal
- Axe synclinal
- Substratum marneux
- Substratum calcaire
- Substratum de cailloutis
- Pendage
- Structure subhorizontale

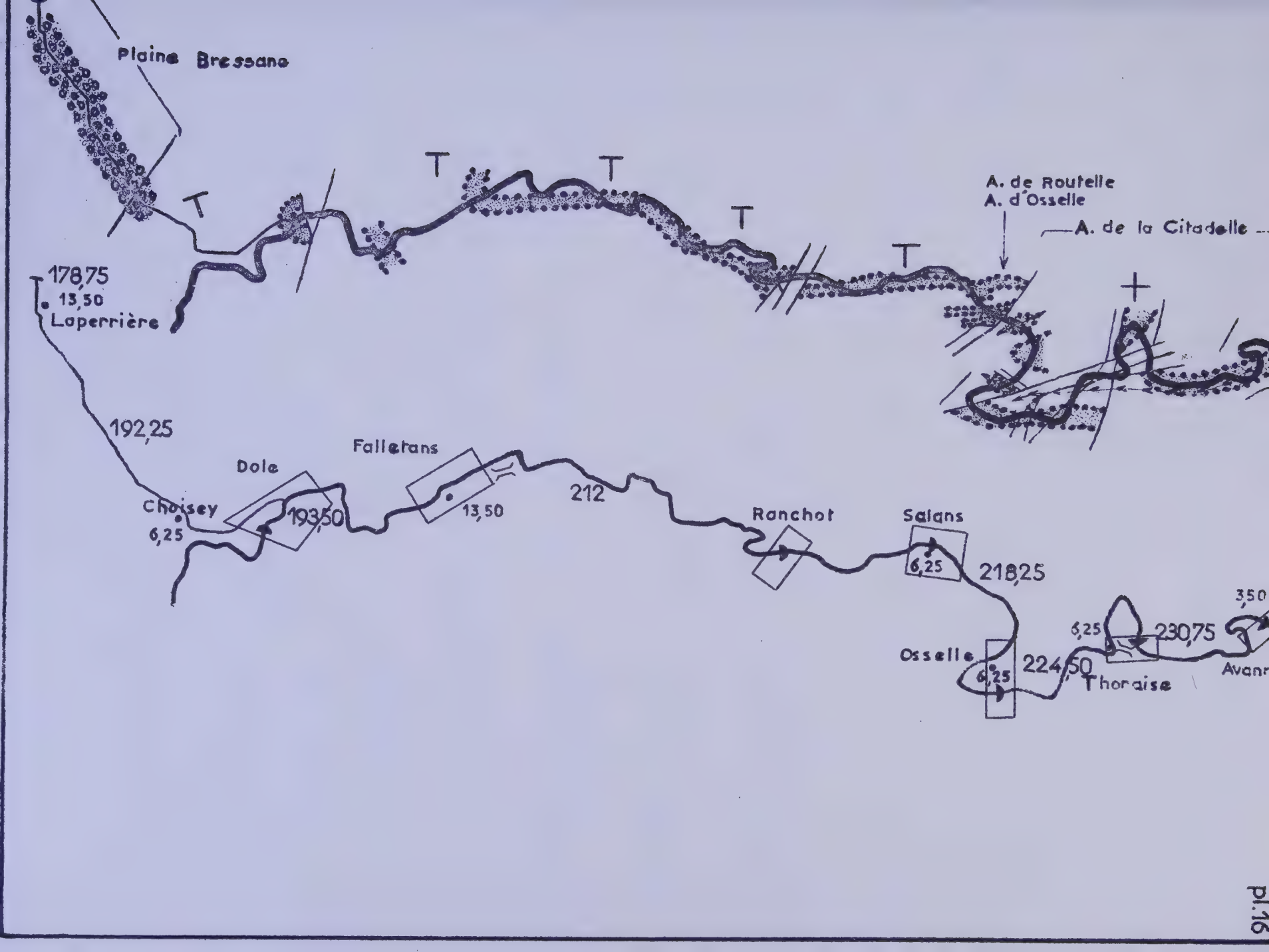


Plan d'implantation des barrages, écluses, tranchées, et tunnels ---.
Cote des biefs_ Hauteurs des chutes des écluses_

Échelle: 1/200.000


Anticlinal de la Citadelle
Anticlinal d'Aigremont
A. d'Hyèvre
Chevauchement du Doubs
6,25
230,75
Thoraise
350
Avanne
234,25
Besançon
9
243,25
3
Roche-les-
-Beaupré
246,25
Deluz
9
255,25
Ougney
6,25
261,50
9
Baume-les-
-Dames
270,50

pl.15

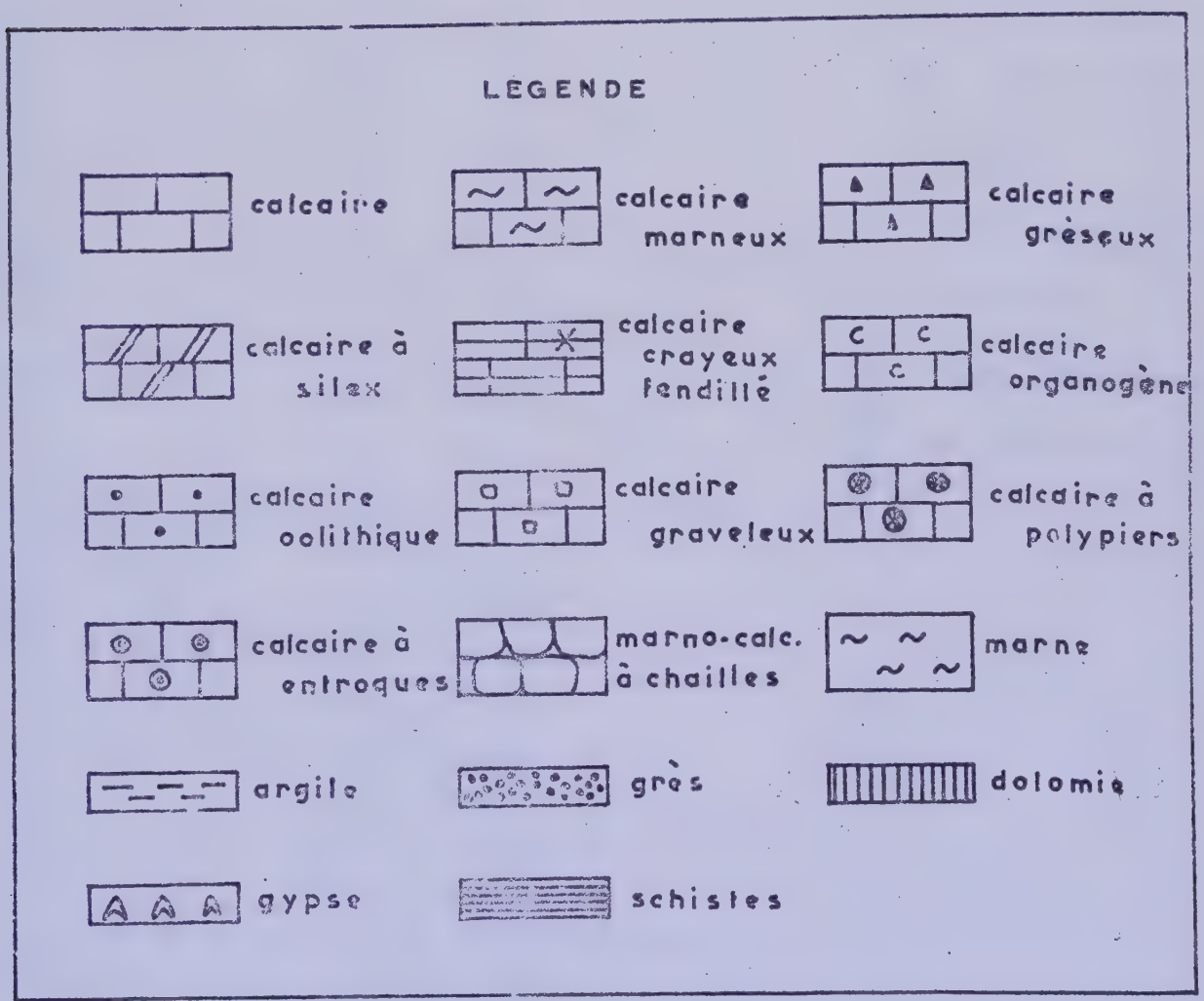

Plaine Bressane
T
T
T
T
T
A. de Routelle
A. d'Osselle
A. de la Citadelle
178,75
13,50
Laperrière
192,25
Dole
Falletans
Choisey
6,25
193,50
13,50
212
Ranchot
Salans
6,25
218,25
6,25
230,75
3,50
Osselle
6,25
224,50
Thoraise
Avan

pl.16

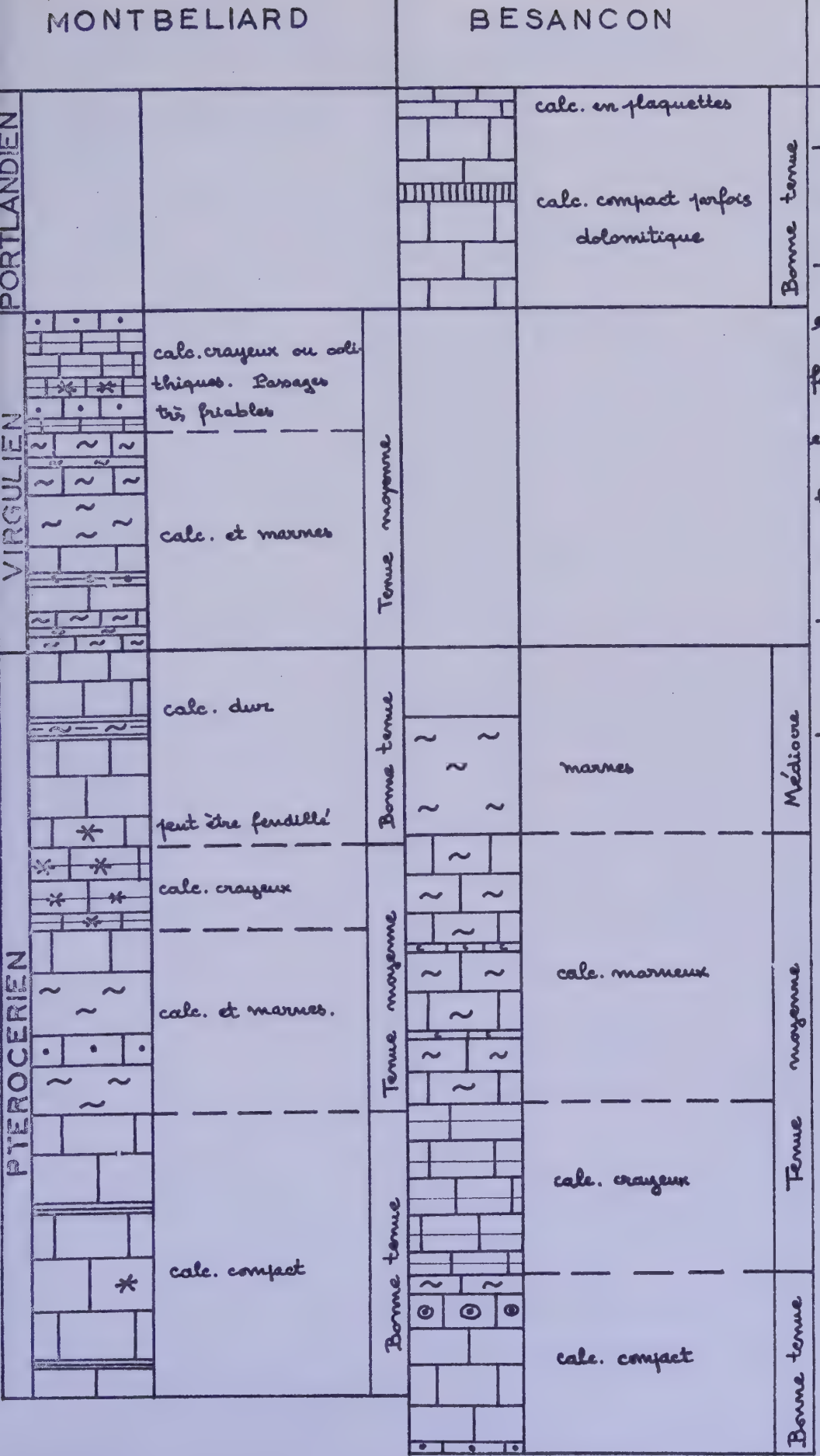
PROFIL STRATIGRAPHIQUE GENERAL

des terrains aux environs de

MONTBELIARD BESANCON DOLE



Echelle : 1/750



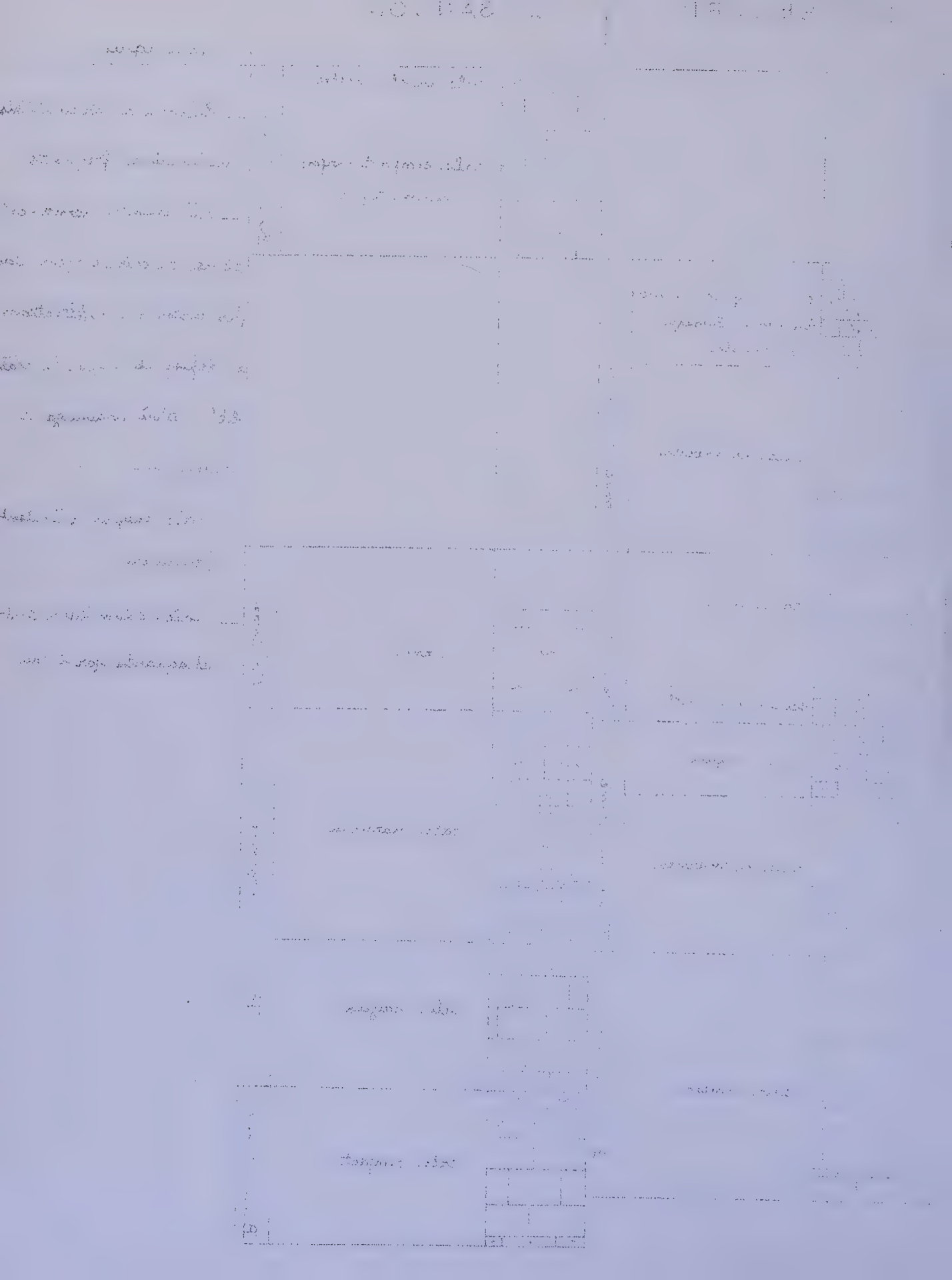
Remarques :

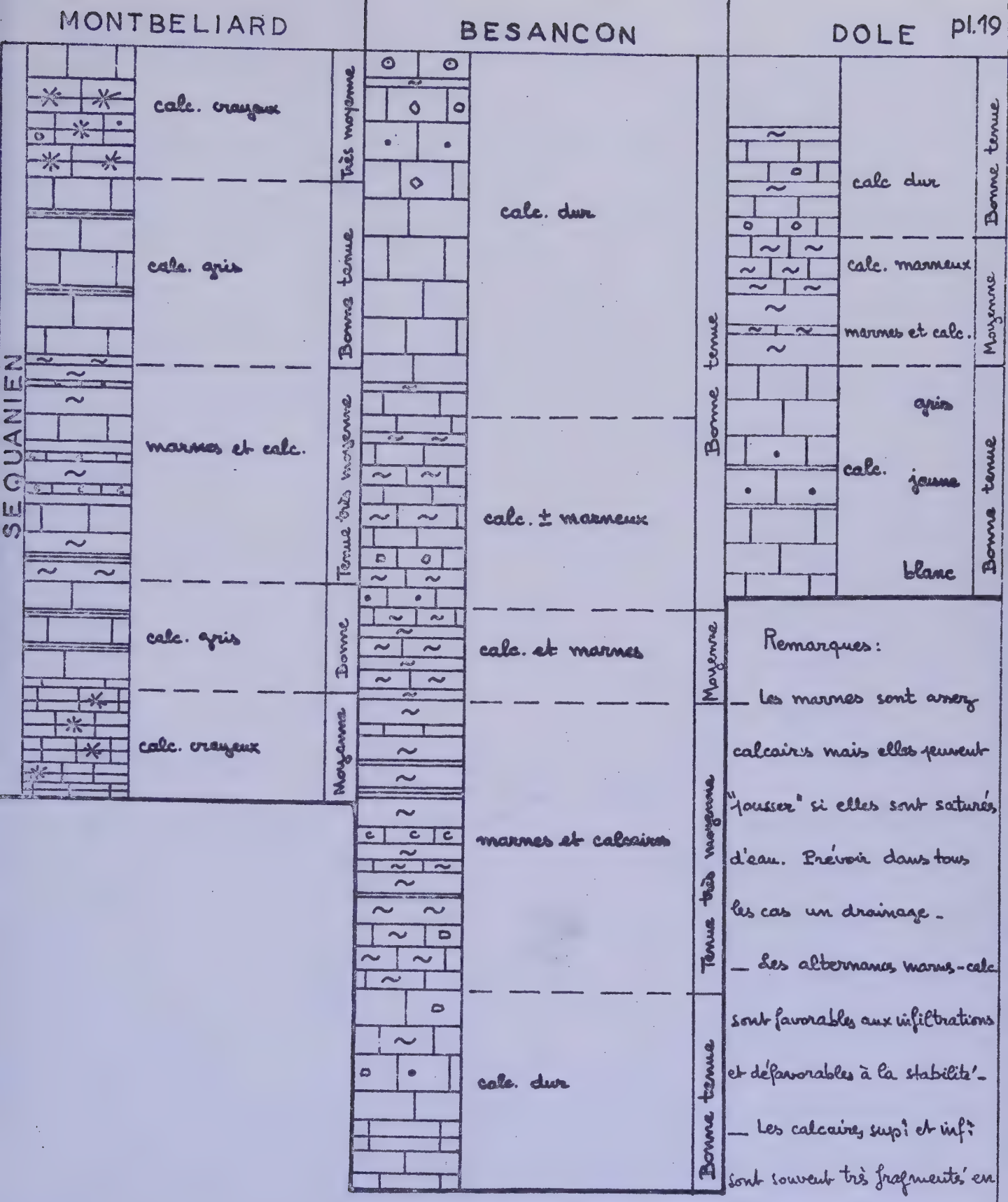
— Réseaux de circulations souterraines fréquents

— Alternances marnes - calc. et les calcaires crayeux sont favorables aux infiltrations, et défavorables pour la stabilité. D'où drainage à envisager.

— calc. crayeux s'éboulent facilement.

— calc. dolomitiques sont attaquables par l'eau



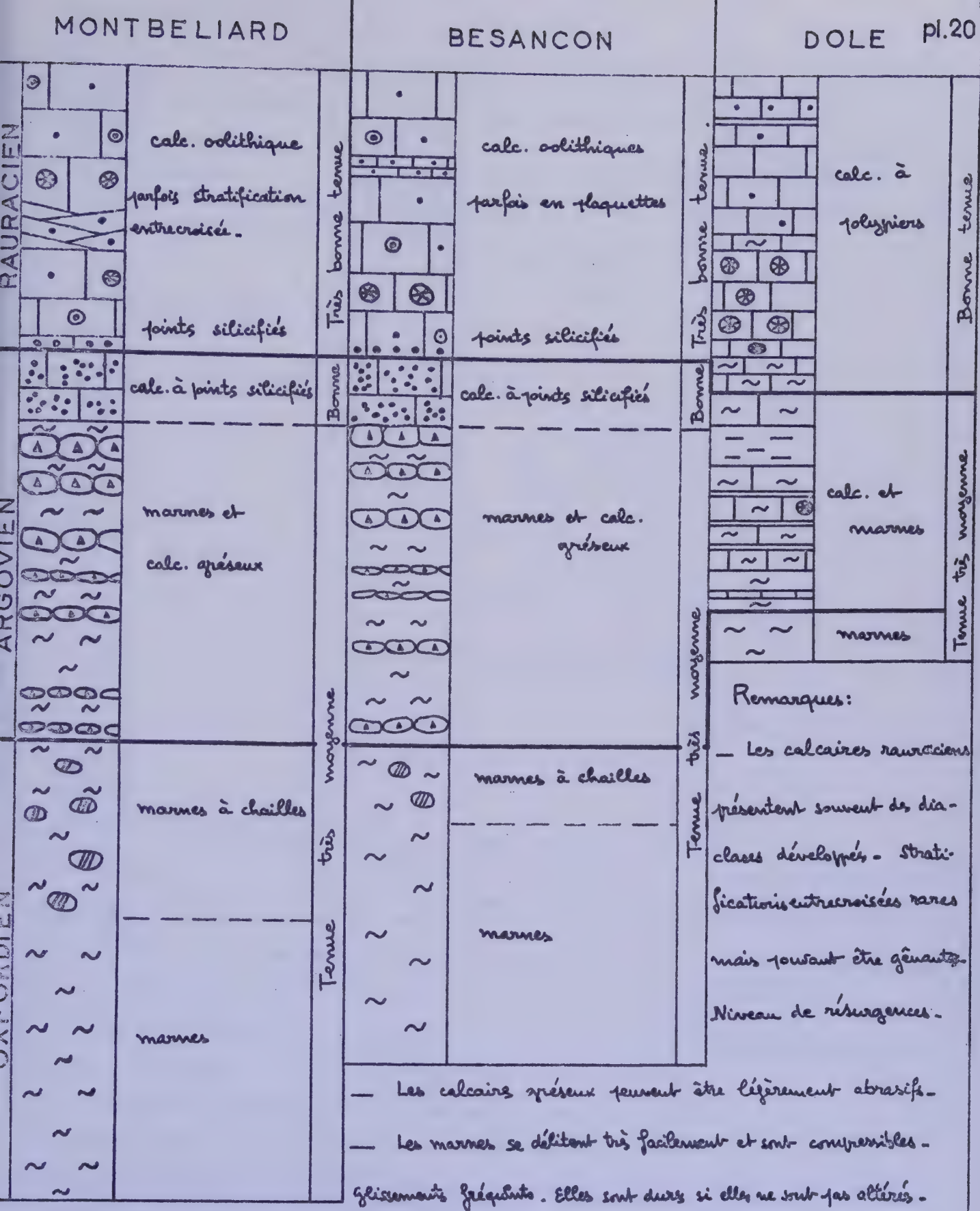


Remarques :

— Les marnes sont assez calcaires mais elles peuvent "jouer" si elles sont saturés d'eau. Prévoir dans tous les cas un drainage.

— Les alternances marnes-calc sont favorables aux infiltrations et défavorables à la stabilité.

— Les calcaires sup^{s} et inf^{s} sont souvent très fragmenté en petits parallélépipèdes à cause de leur gélivité et s'éboulent facilement. Niveau de résurgences pour les calcaires supérieurs.

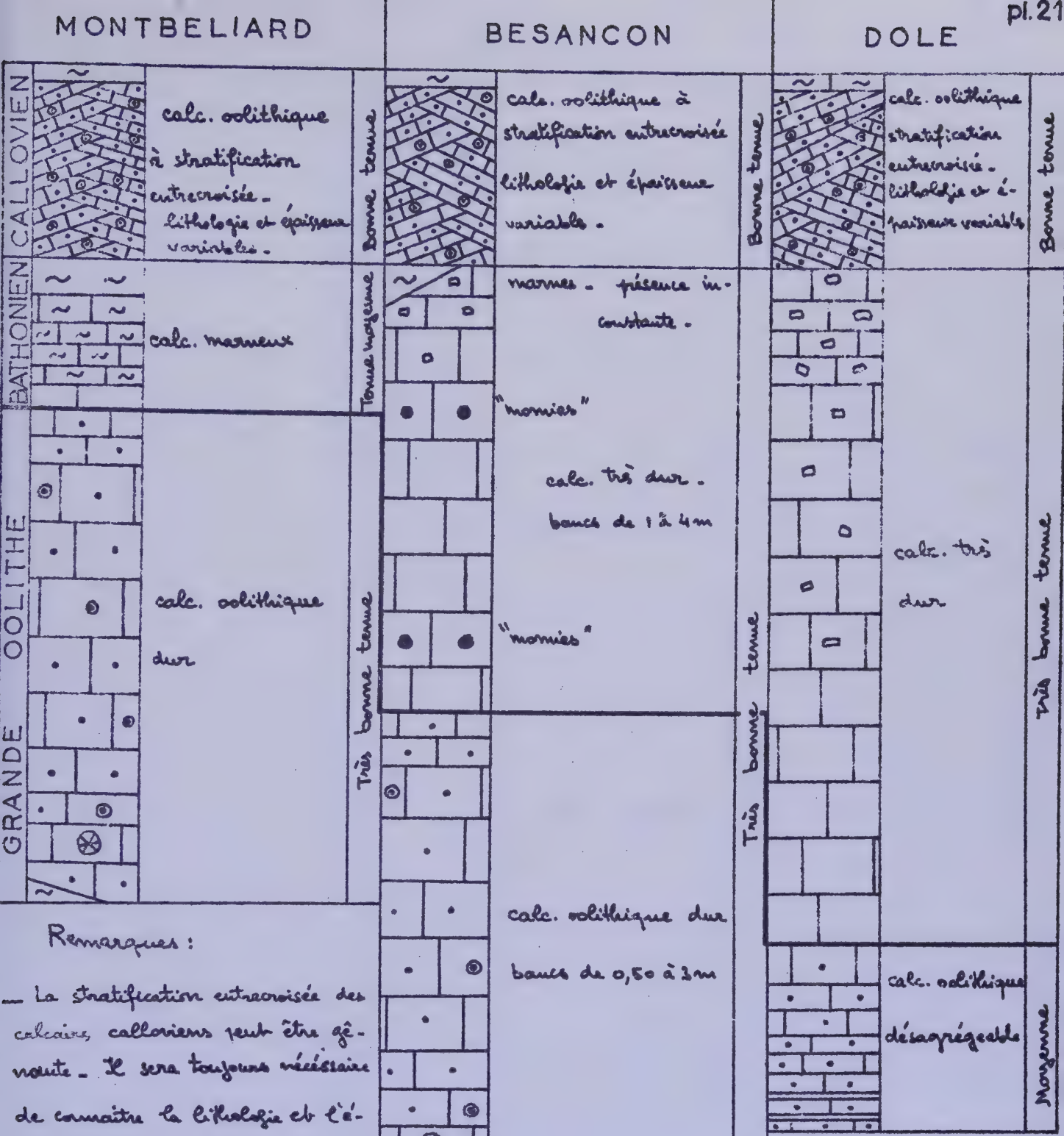


Remarques:

— Les calcaires raurraciens présentent souvent des diaclases développés. Stratifications entrecroisées rares mais pouvant être gênantes. Niveau de résurgences.

— Les calcaires gréseux peuvent être légèrement abrasifs.

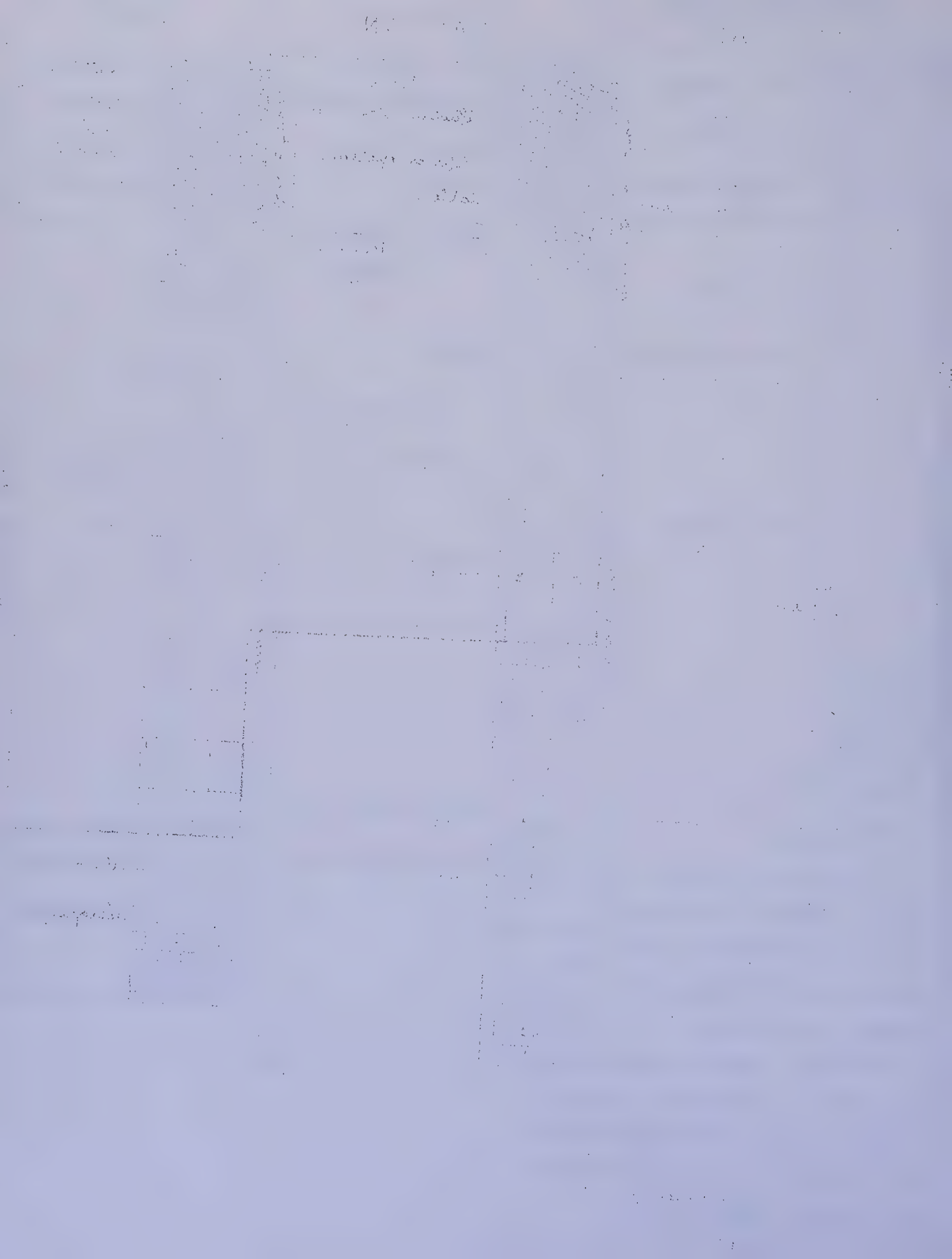
— Les marnes se délitent très facilement et sont compressibles. glissements fréquents. Elles sont dures si elles ne sont pas altérés. Les soustraire toujours aux agents atmosphériques.



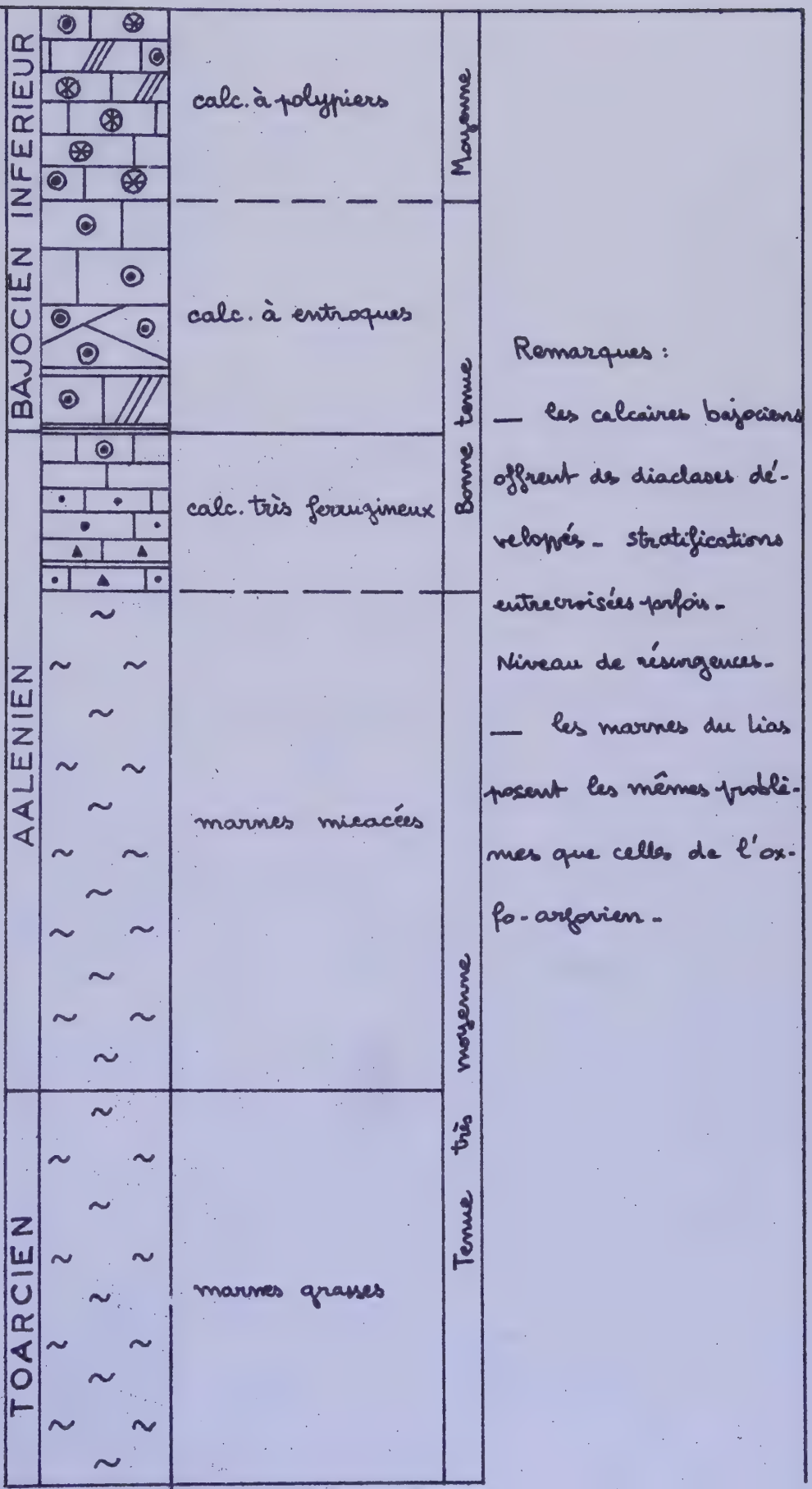
Remarques :

— La stratification entrecroisée des calcaires callovien peut être gênante. Il sera toujours nécessaire de connaître la lithologie et l'épaisseur de cet étage.

— les calcaires bathoniens offrent des réseaux de circulations souterraines, développés en raison de la pureté des calcaires. Diaclases marqués pour ces calcaires et ceux de la grande oolithe.



BESANCON

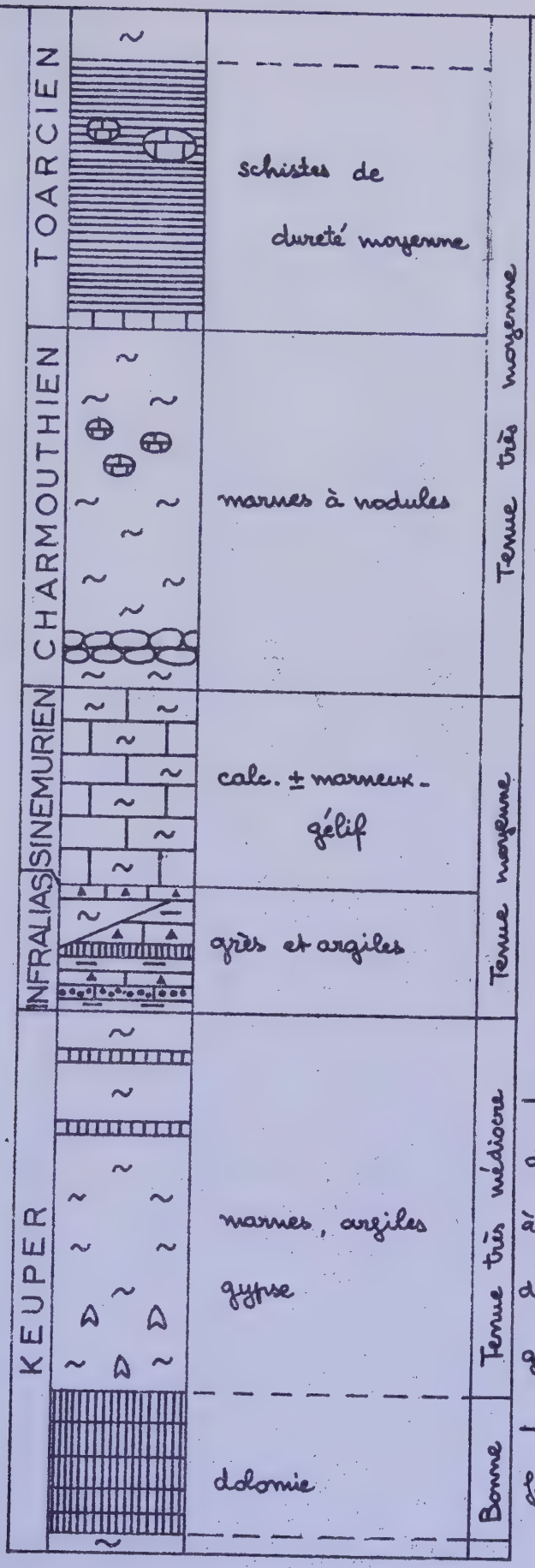


Remarques :

— les calcaires bajociens offrent des diaclases développés - stratifications entrecroisées parfois - Niveau de résurgences -

— les marnes du lias posent les mêmes problèmes que celles de l'oxfo-argovien -

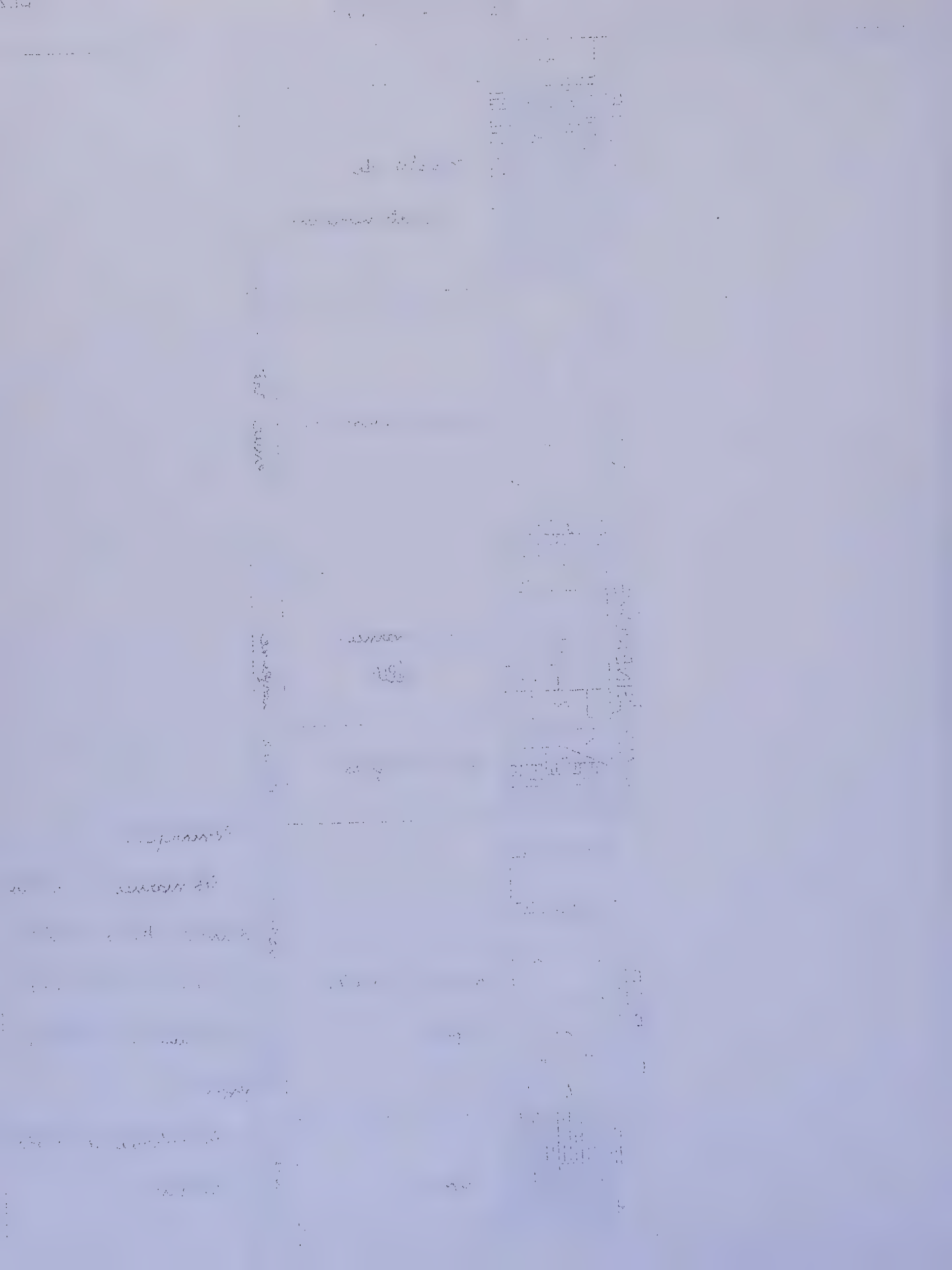
BESANCON



Remarques :

— les marnes du Keuper doivent être soustraits à l'eau à cause de la dissolution très facile du gypse -

— la dolomie se corrode facilement -



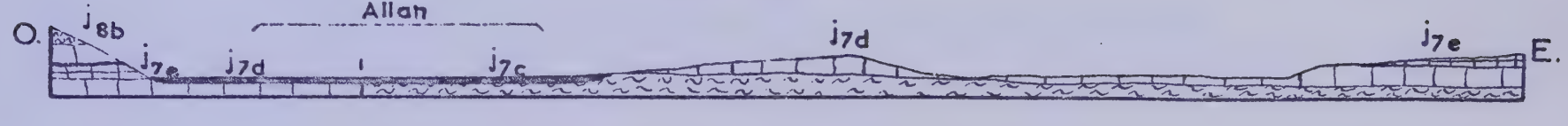
.. Coupes Géologiques ..

Échelle: 1/10.000

▬▬ : Formations superficielles.

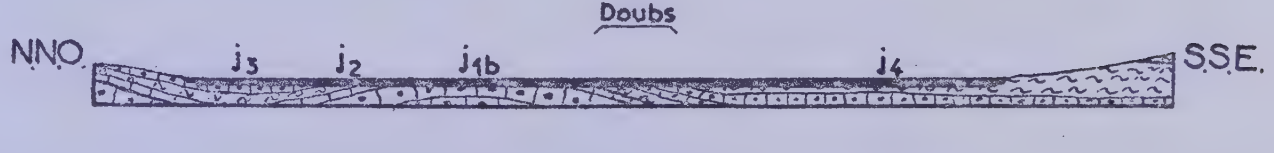
Les autres figurés correspondant à ceux du profil stratigraphique et des cartes.

- MONTBÉLIARD -



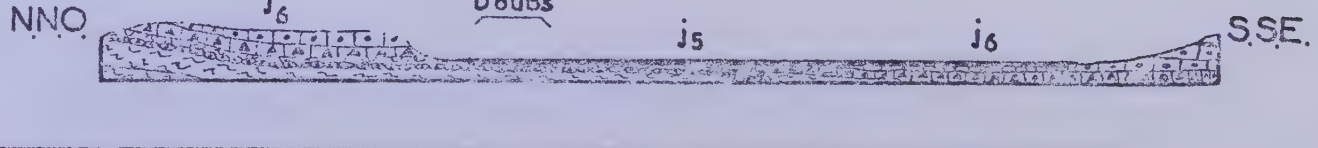
- BAVANS 1 -

- 2 -



- COLOMBIER - FONTAINE 1 -

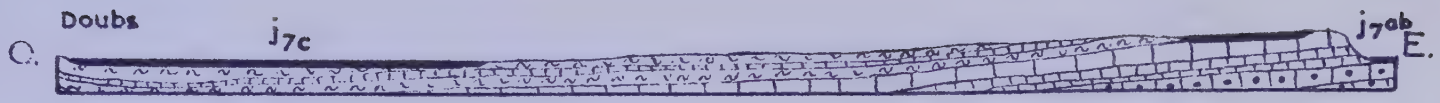
- 2 -



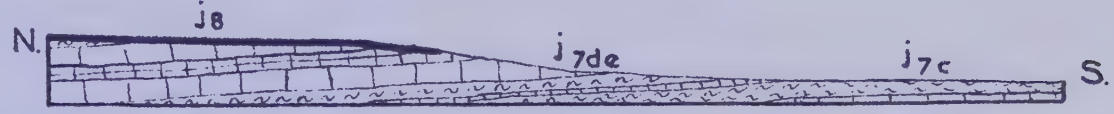
Pl. 25

Échelle: 1/10.000

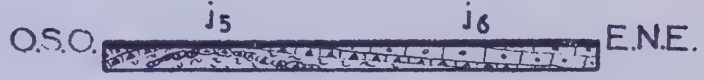
. LA PRETIÈRE 1.



. 2 .

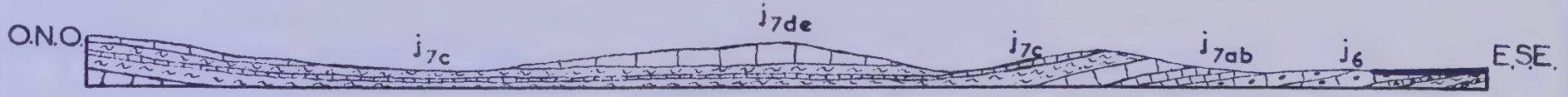


. 3 .



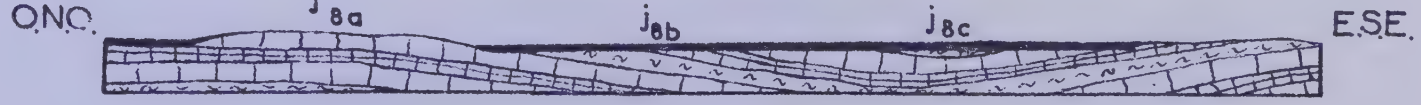
. RANG 1.

. 2 .



. POMPIERRE 1.

2

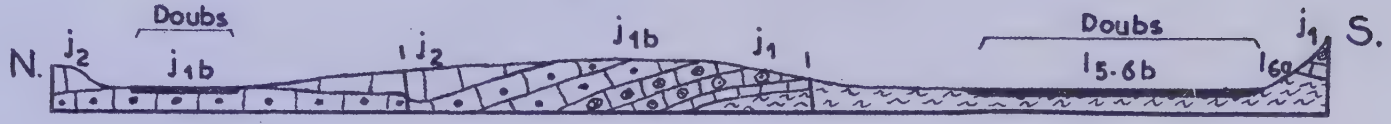


Pl.26

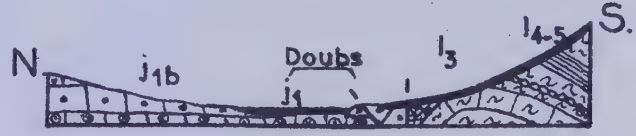
Échelle : 1/10.000

- ROCHE-LES-CLERVAL -

- BAUME-LES-DAMES -

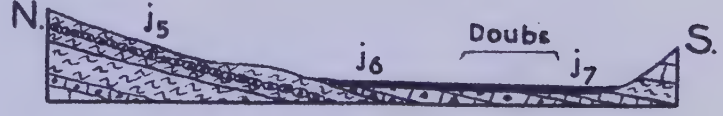


- OUGNEY-DOUVOT -

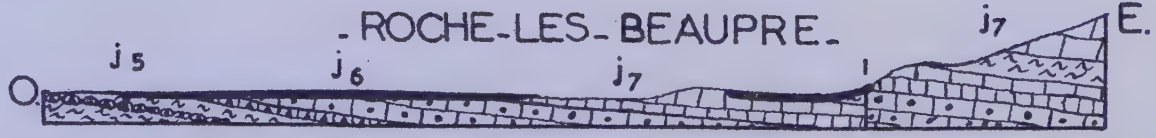


- DELUZ 1 -

- 2 -

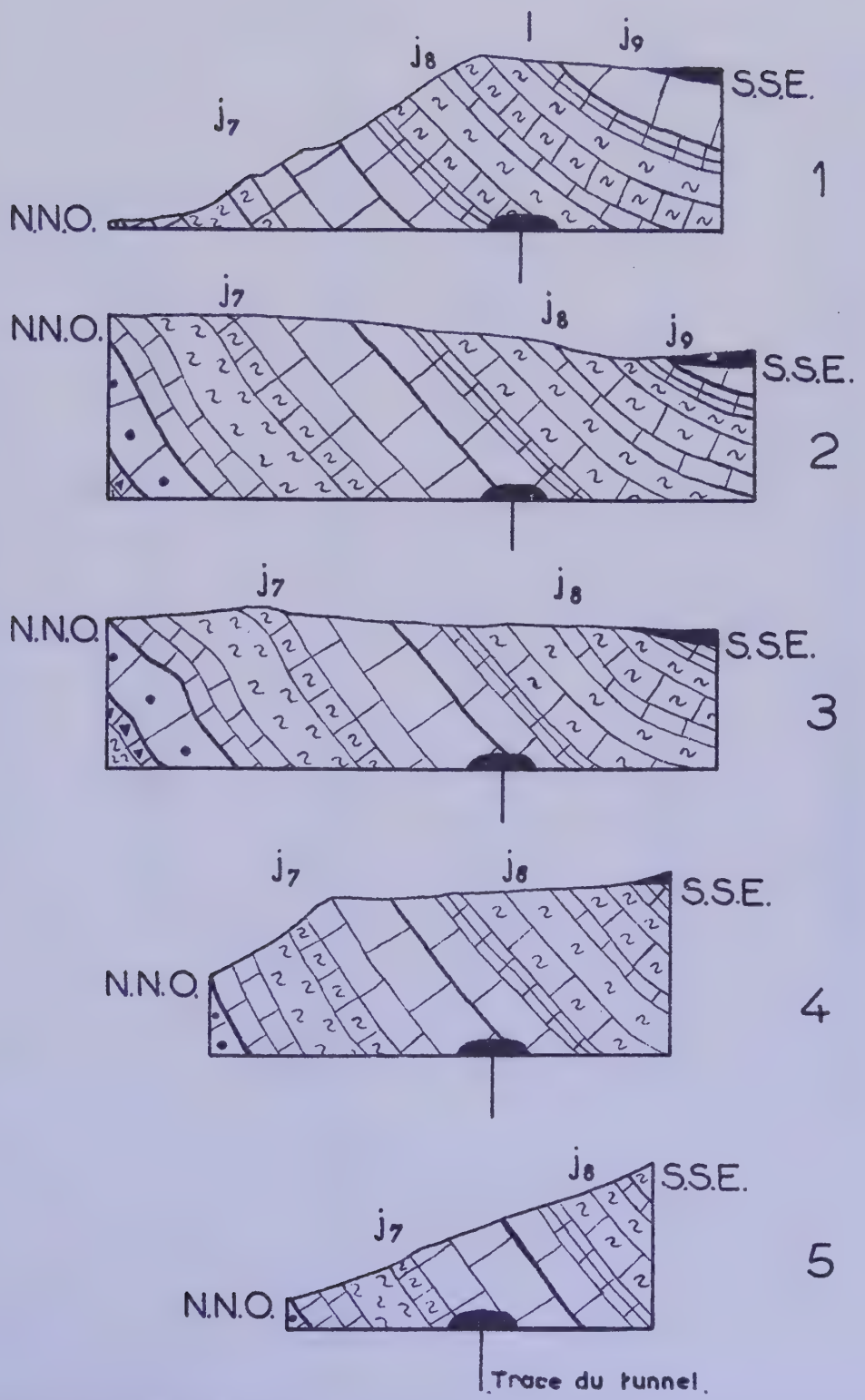


- ROCHE-LES-BEAUPRE -

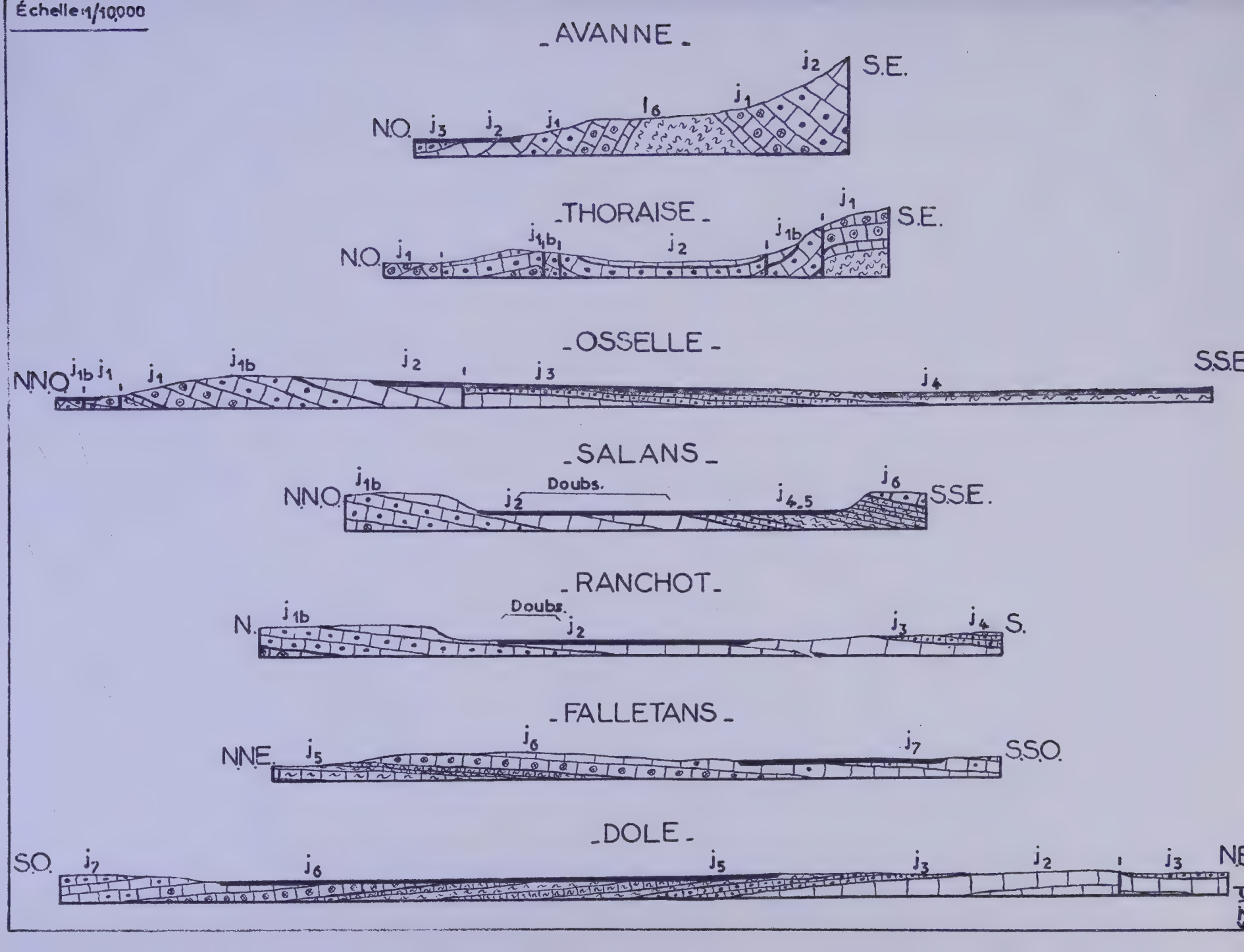


pl.27

-BESANÇON-


I
j9
j8
j7
S.S.E.
N.N.O.
1
j7
j8
j9
N.N.O.
S.S.E.
2
j7
j8
N.N.O.
S.S.E.
3
j7
j8
S.S.E.
N.N.O.
4
j8
S.S.E.
j7
N.N.O.
5
Trace du tunnel

Échelle 1/10.000



FIGURES ET NOTATIONS EMPLOYES POUR LES CARTES

Echelle 1/5 000 (grandes cartes) ou échelle graphique sur les petites cartes

Notations

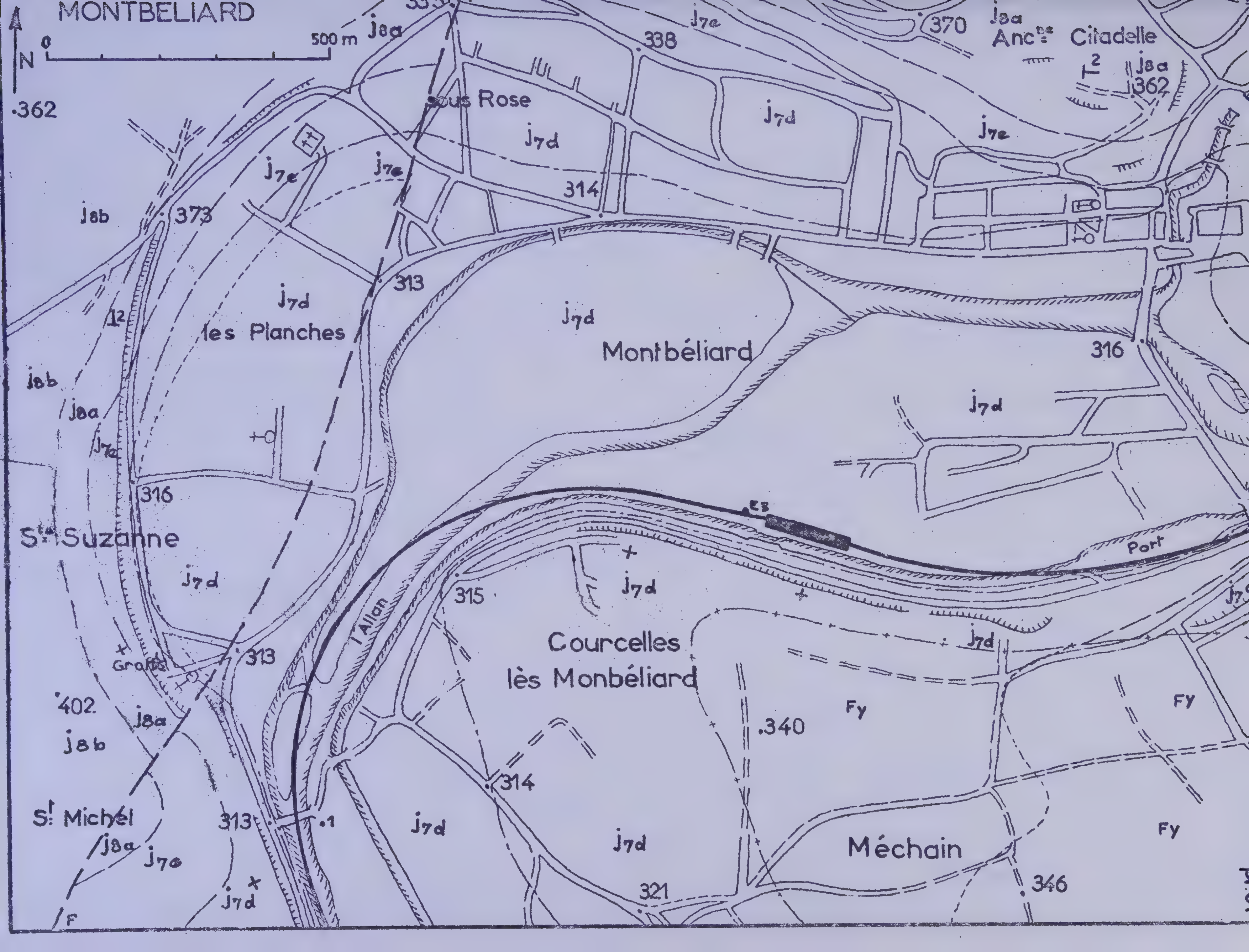
E Glissement (sur les marnes) ou éboulis
Fy Alluvions anciennes
m tertiaire (poudingue de Besançon)
J 9 Portlandien
J8c Virgulien
J8b3 Calcaire à Mactres
J8b2 Calcaire à Corbis
J8b1 Marnes ptérocériennes
J8a Ptérocérien inférieur
J7e Calcaire à Cardium
J7d Calcaire à Térébratules
J7c Marnes séquaniennes
J7b Calcaire gris
J7a Calcaire jaune gélif
J6b Calcaire brun clair à Oolithes jaunes et miliaires ou calcaire à Nérinées
J6a Calcaire brun foncé oolithique et points silicifiés ou calcaire à Polypiers

Argovien J5b Calcaire silicifié
J5a Marno-calcaires
Oxfordien J4 Marnes
Callovien J 3 Calcaire oolithique
Bathonien J2b Marnes
J2a Calcaire sublithographique où à gravelles
Grande Oolithe J1b Calcaire oolithique
J1b(c) niveau sublithographique
Bajocien inférieur J1
Aalénien L6b Calcaire ferrugineux
L6a Marnes
Toarcien Charmouthien L5-4
Sinémurien L3
Trias t

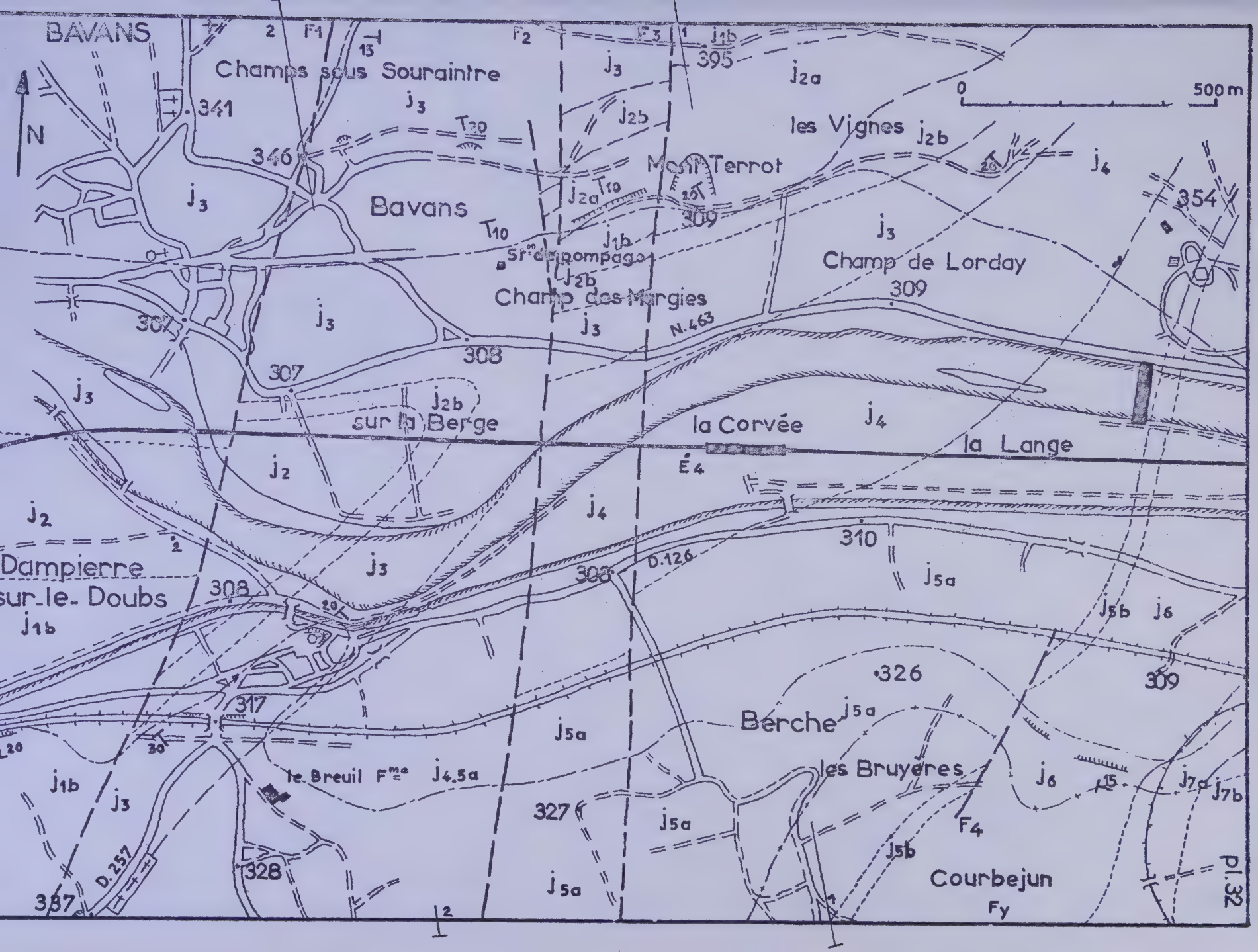
Figurés

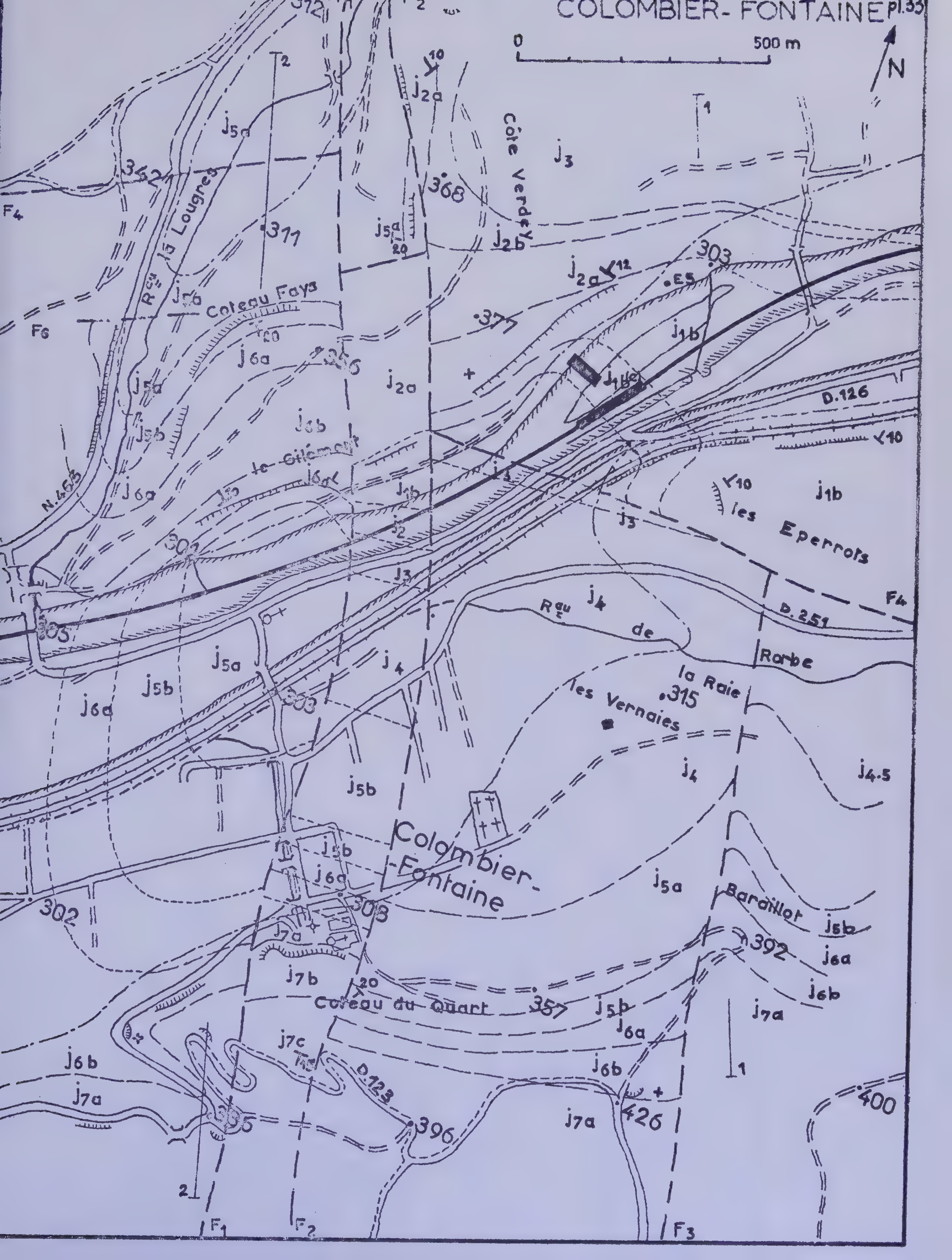
Point d'eau
Galerie de mine
Sondage
e Equidistance des courbes topographiques
Niveau de sources
Limite des alluvions modernes
Limite des formations superficielles
Limites géologiques certaines
" " incertaines

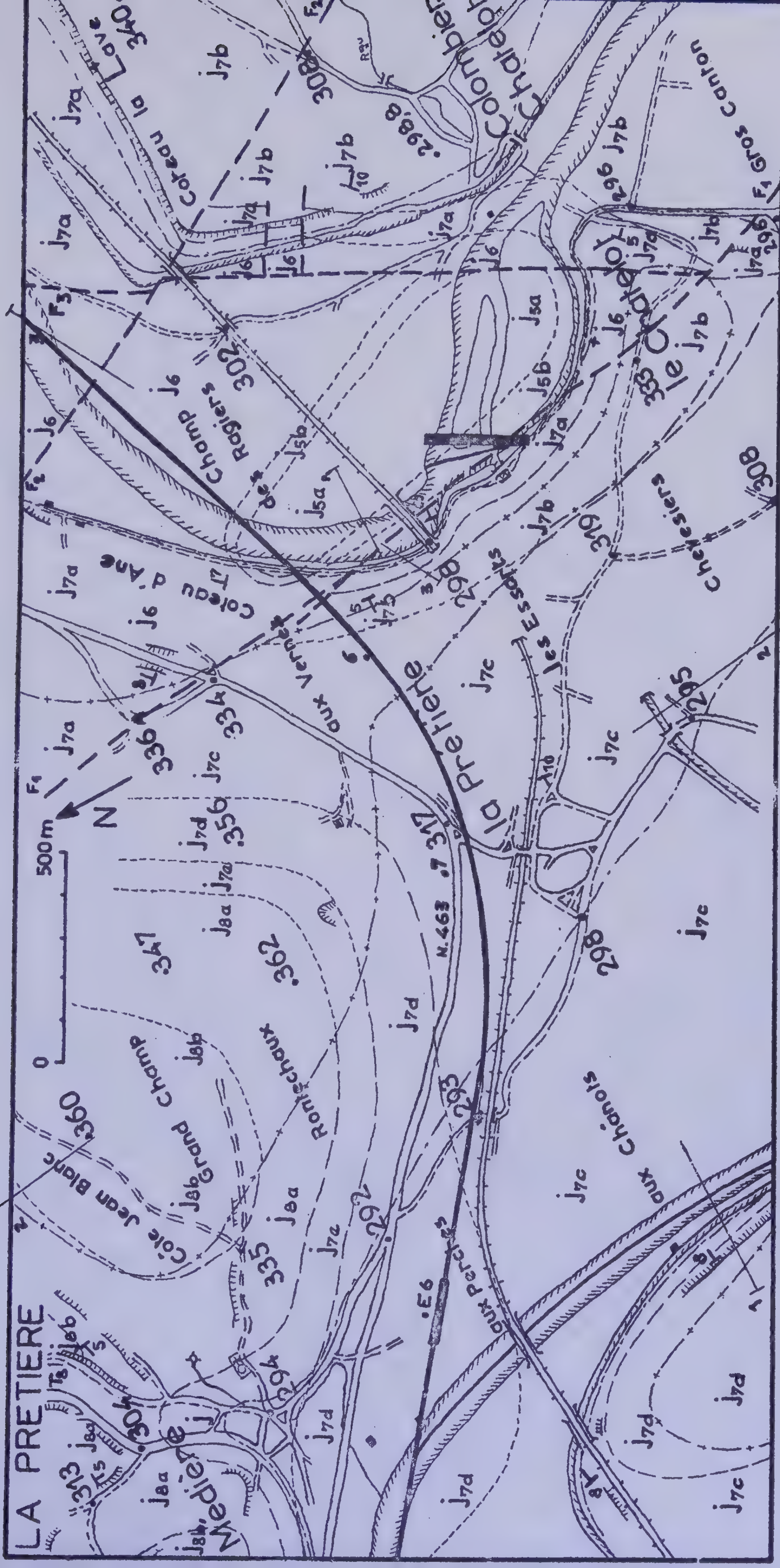
Affleurements intéressants
Coupe géologique
Faille
Route
Chemin
S.N.C.F.
Courbe de niveau
Canal actuel
Cours du Doubs
Tracé du canal projeté
Barrage, écluse projetés

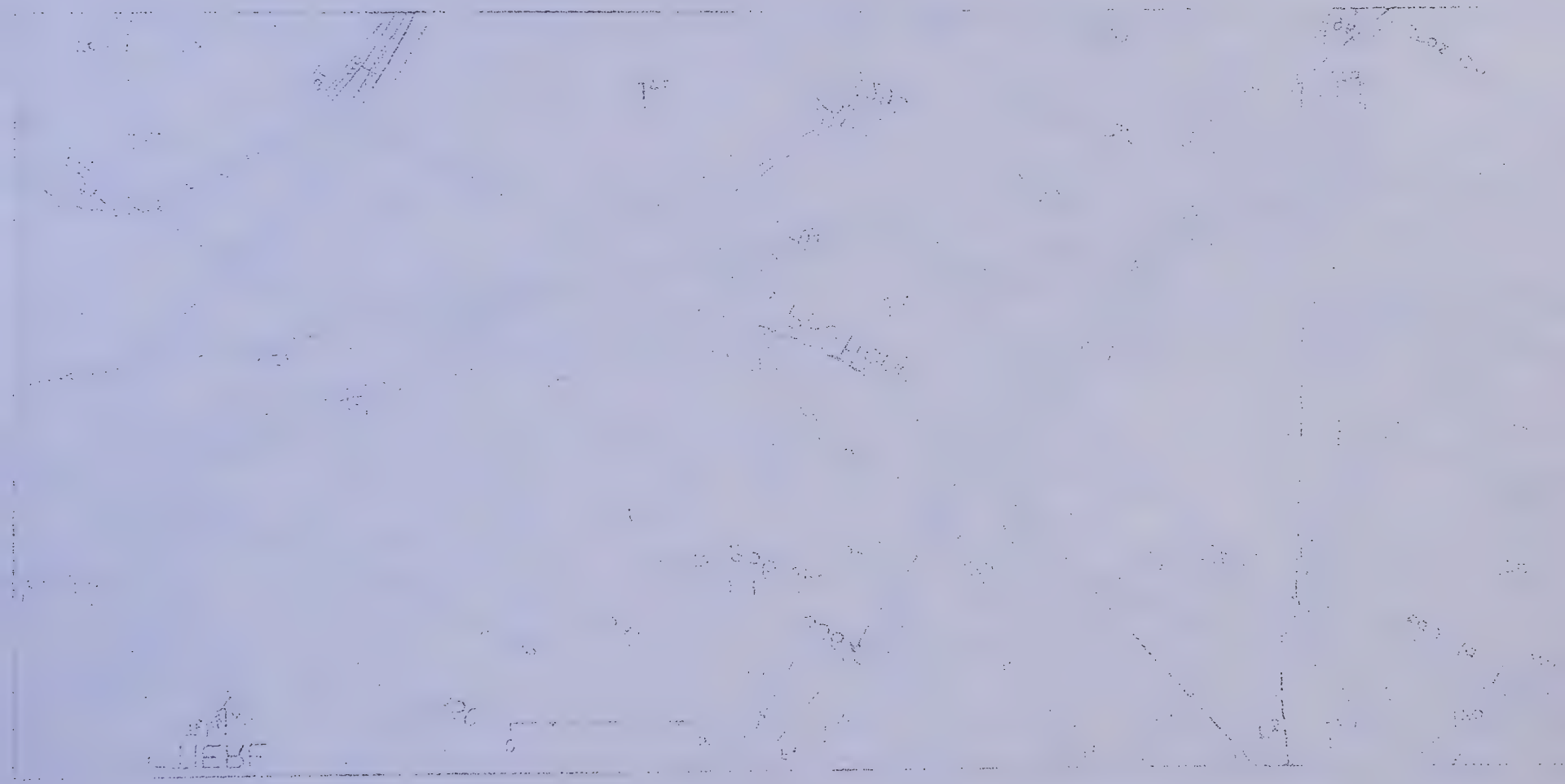


MONTBELIARD
N
0
500 m
.362
sous Rose
Montbéliard
les Planches
St^e Suzanne
Courcelles
lès Monbéliard
Méchain
St Michel
Anc^{ne} Citadelle
Port
l'Allan
Grotte
370
338
314
313
373
316
315
402
340
321
346
362
j7d
j7e
j8a
j8b
Fy

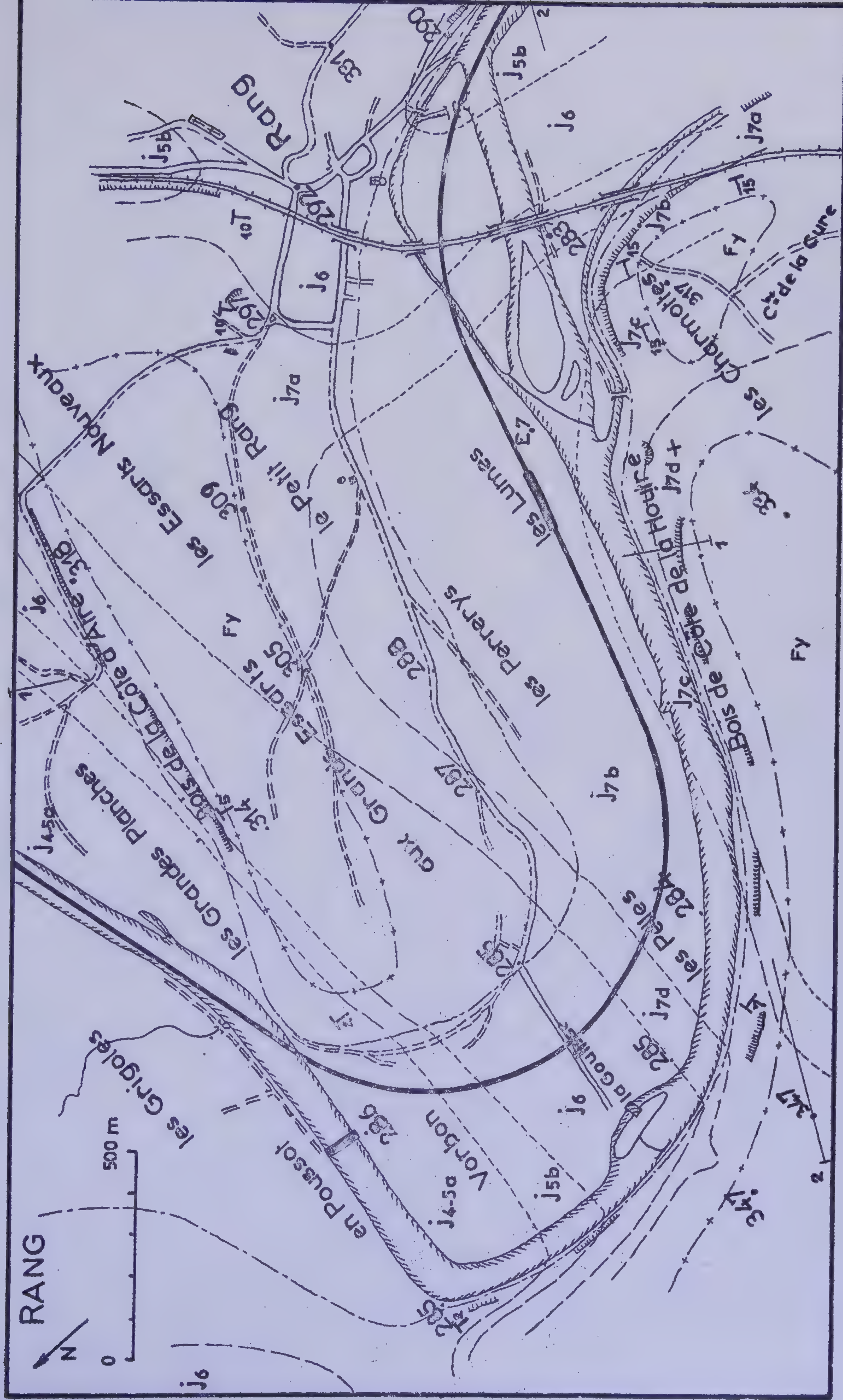

BAVANS
Champs sous Souraintre
341
346
Bavans
Mont Terrot
les Vignes
354
Champ de Lorday
309
Champ des Margies
307
308
sur la Berge
la Corvée
la Lange
Dampierre
sur-le-Doubs
310
326
317
Berche
les Bruyères
le Breuil Fme
327
328
387
Courbejun
Fy
D.126
D.257
N.463
0
500 m
N
pl.32


COLOMBIER-FONTAINE
pl.35
0
500 m
N
Côte Verdey
Coteau Fays
le Grémont
les Eperrots
Rau de Rarbe
la Raie
les Vernaies
Colombier-Fontaine
Baraillot
Coteau du Quart
D.126
D.251
D.123
N.463
F1
F2
F3
F4
F6
j1b
j2a
j2b
j3
j4
j4.5
j5a
j5b
j6a
j6b
j7a
j7b
j7c
303
315
302
308
392
357
426
396
400
368
311
342
377
356
305

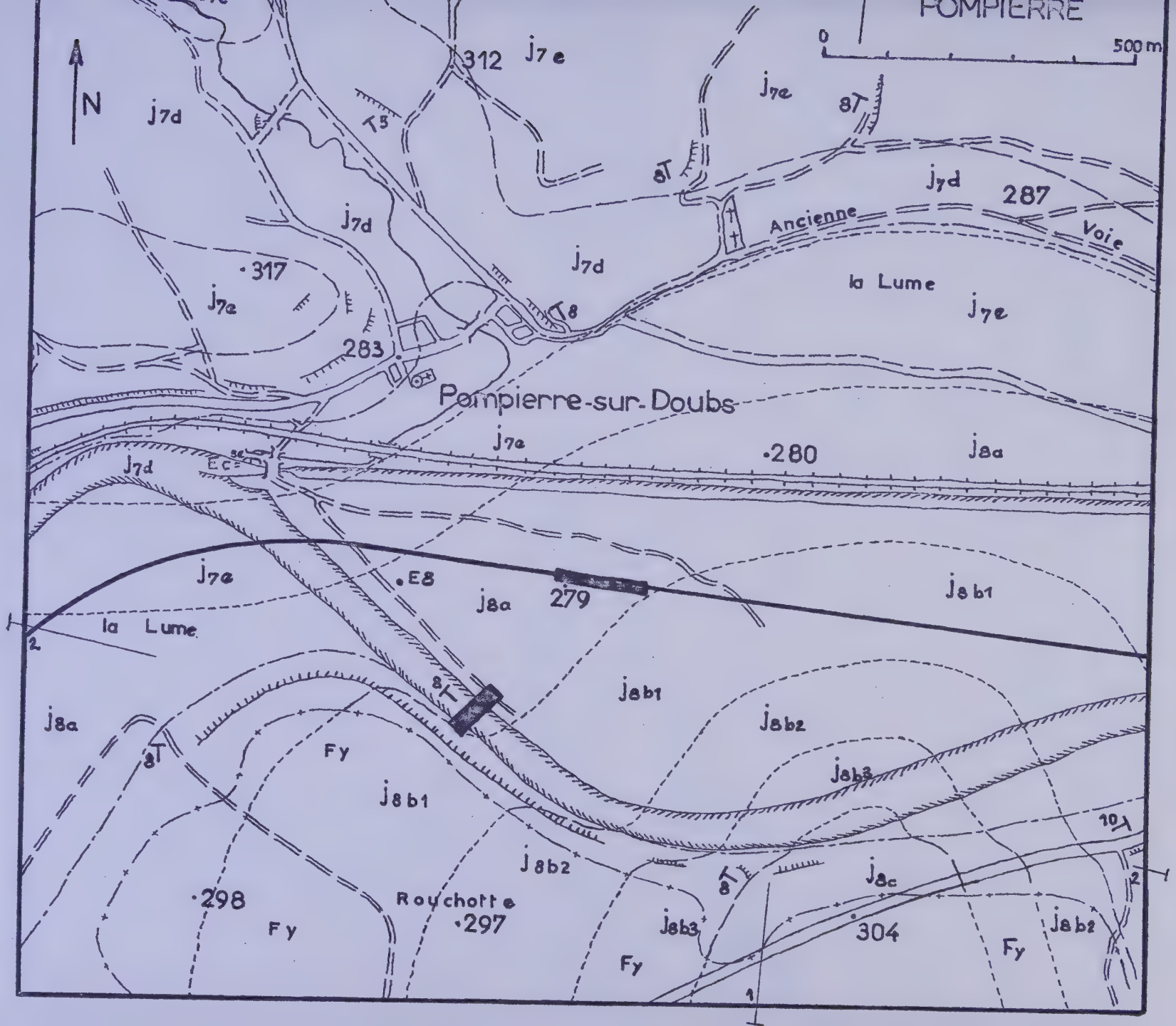

LA PRETIERE
la Pretière
Les Essarts
Coteau d'Ane
Champ Rogiers
aux Vernet
Côte Jean Blanc
Grand Champ
aux Chanots
N.463
N
0
500m



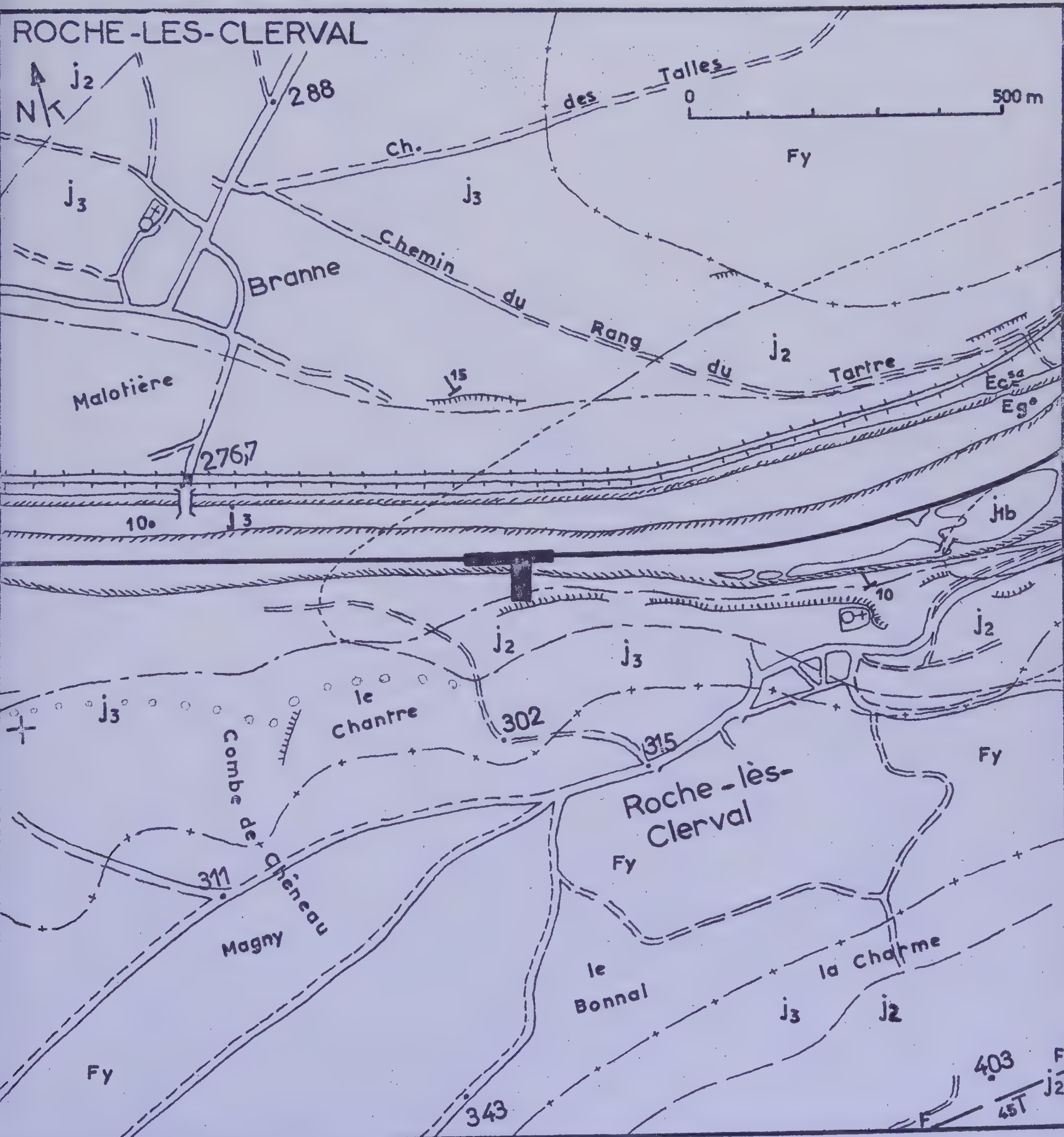
pl.35

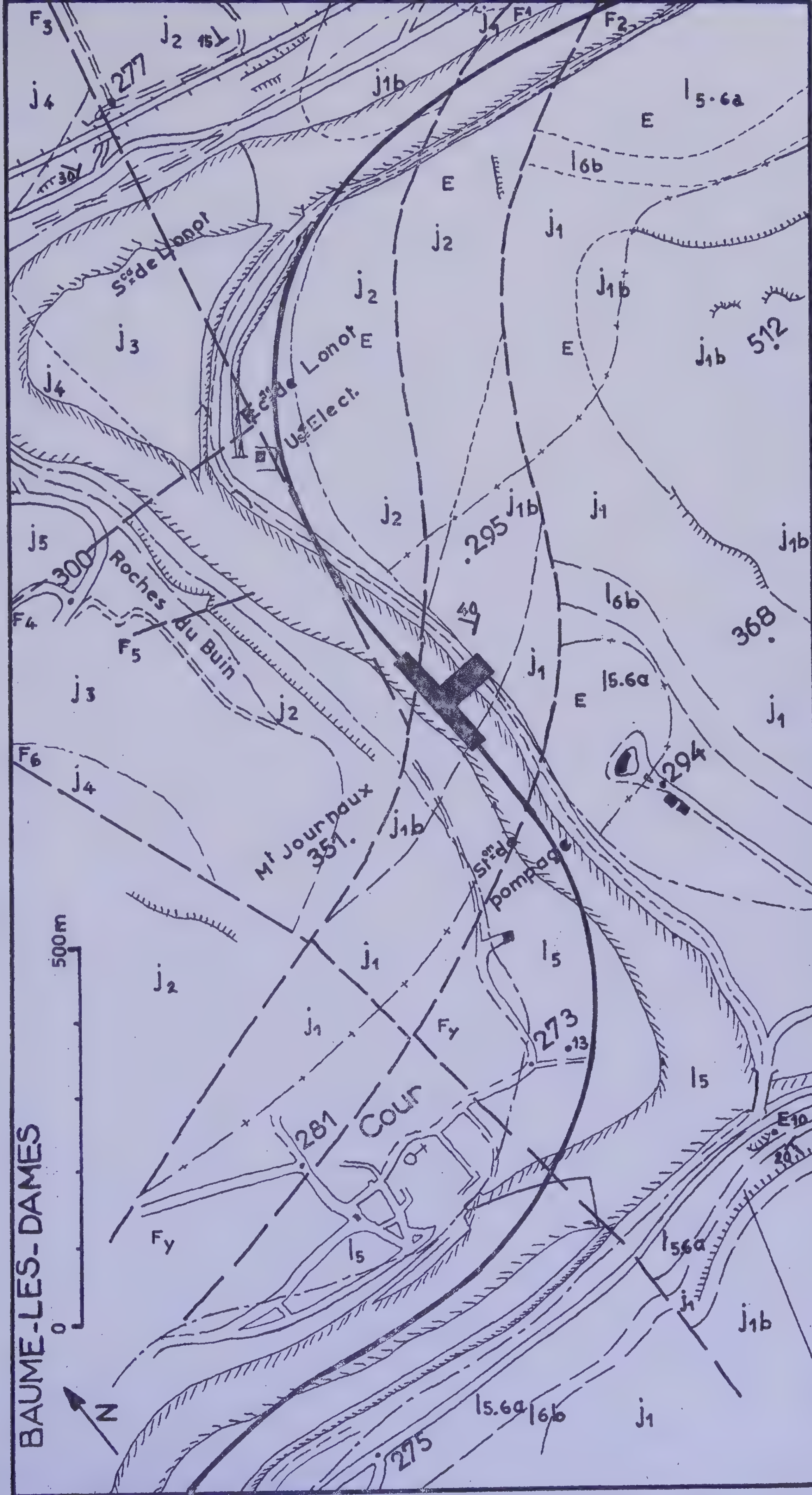


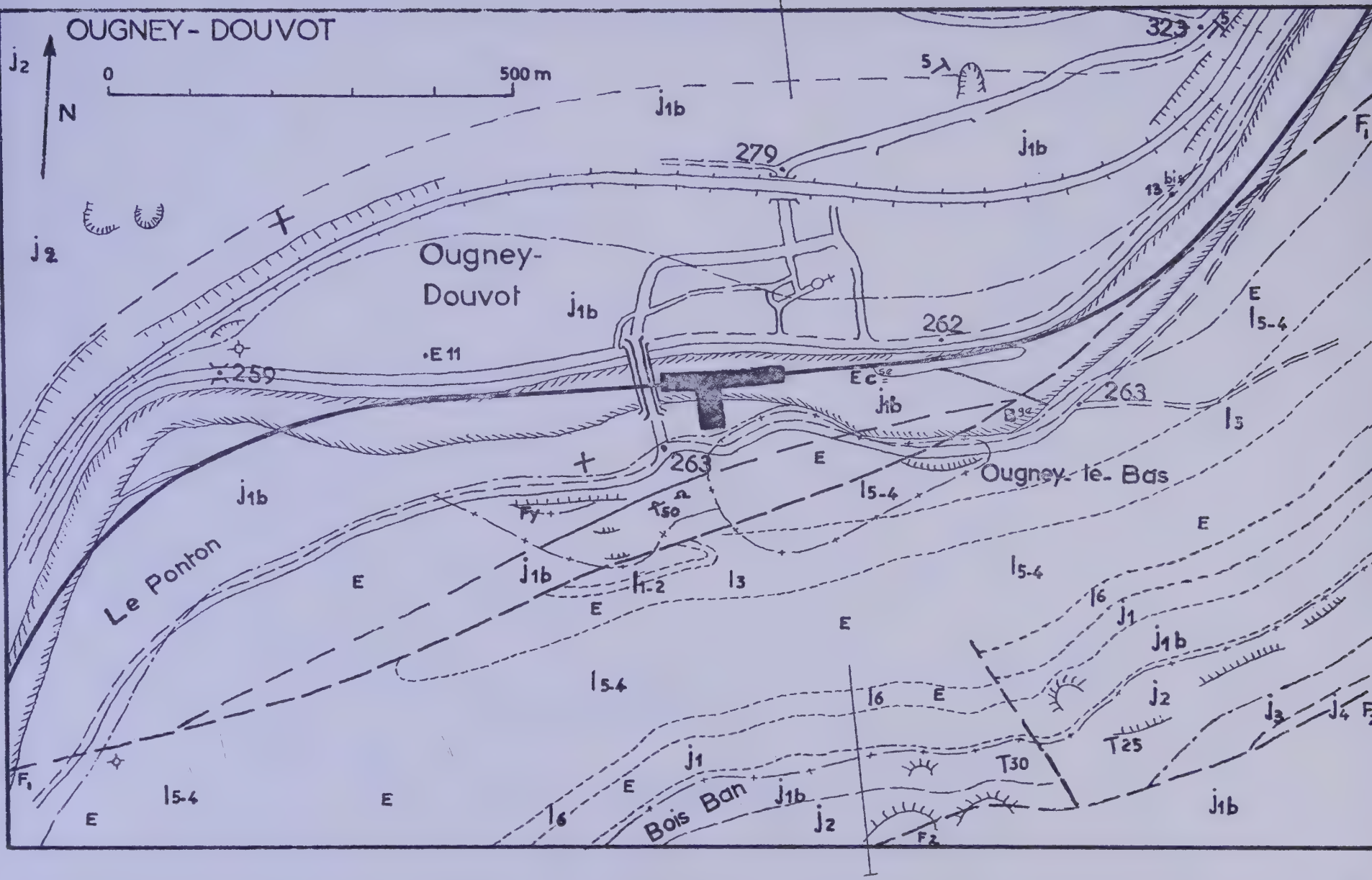
RANG
N
0
500 m
Rang
les Essarts Nouveaux
le Petit Rang
les Lumes
les Perrerys
aux Grands Essarts
les Grandes Planches
les Pelles
Vorbon
en Poussot
Bois de Côte de la Houlière
Bois de la Côte d'Aire
Cte de la Cure
E7
Fy
j6
j5b
j7a
j7b
j7c
j7d
j4-5a
309
305
288
287
284
285
286
283
292
297
331
290
316
314
317
347


POMPIERRE
0
500 m
N
312
j7e
j7d
T5
8T
287
Ancienne
Voie
317
283
Pompierre-sur-Doubs
la Lume
280
j8a
E8
279
j8b1
j8b2
j8b3
j8c
Fy
298
Roychotte
297
304
10
1
2

pl.36

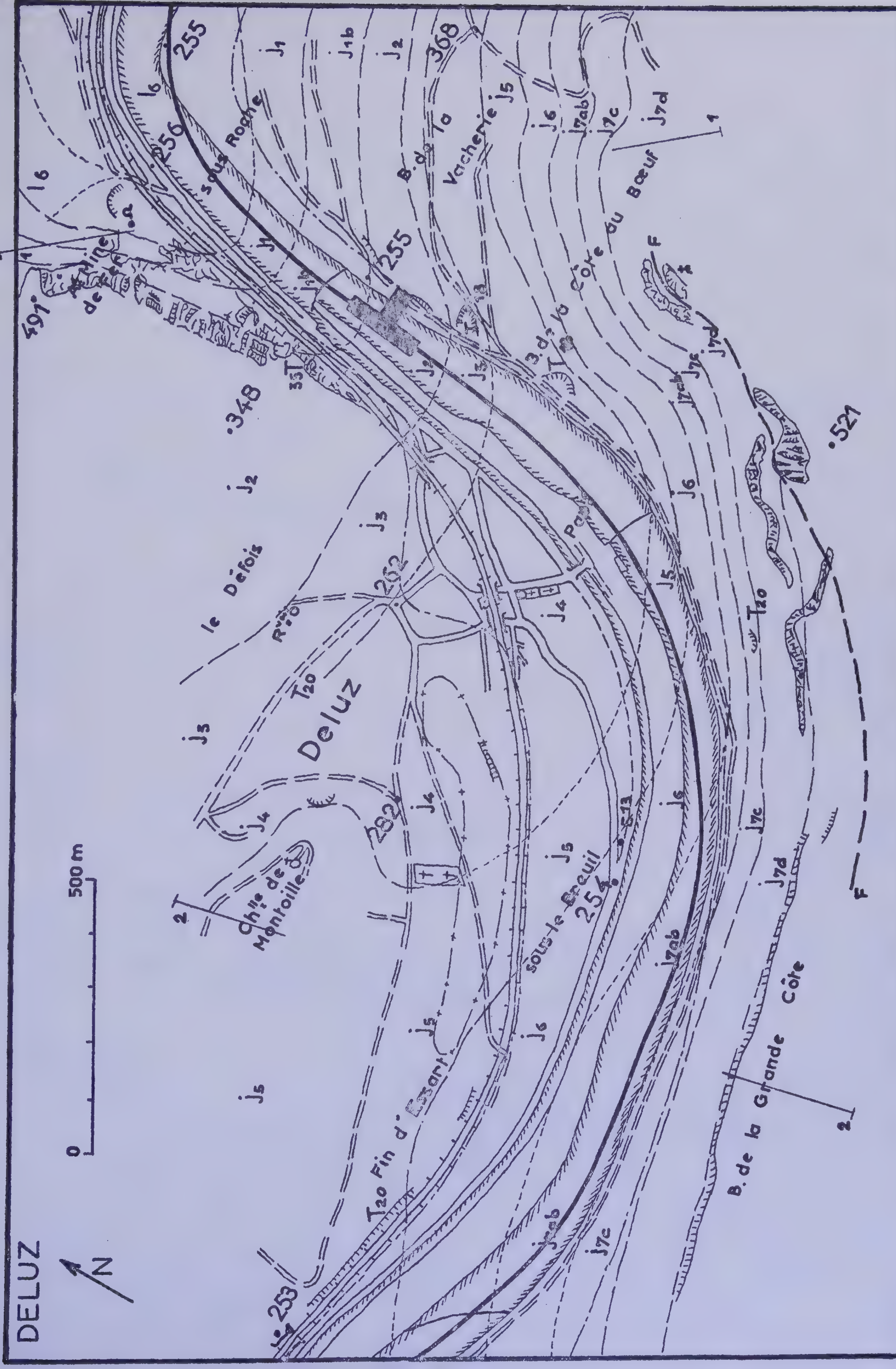

ROCHE-LES-CLERVAL
N
j2
288
Ch. des Talles
0
500 m
Fy
j3
j3
Chemin du Rang du Tartre
Branne
j2
Ec sa
Eg a
Malotière
15
276,7
10
j3
j1b
10
j2
j2
j3
le Chantre
j3
302
315
Combe de Chêneau
Roche-lès-Clerval
Fy
Fy
311
Magny
le Bonnal
la Charme
j3
j2
Fy
343
403
F
j2
45
F


BAUME-LES-DAMES
N
500m
0
F1
F2
F3
F4
F5
F6
277
Ste de Lonot
Fme de Lonot
Use Elect.
Roches du Buin
300
295
512
368
294
Mt Journaux 351.
Ste de pompage
273
281
Cour
275
E10
Fy
j1
j1b
j2
j3
j4
j5
l5
l5.6a
l6b
E

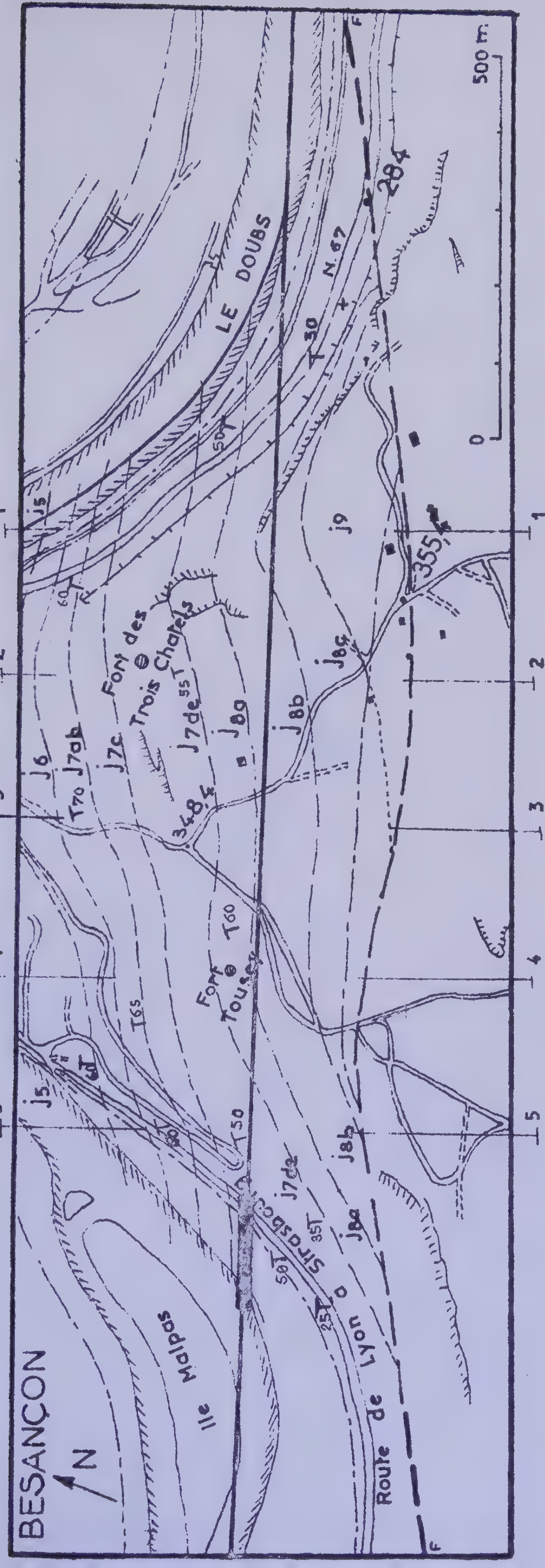

OUGNEY- DOUVOT
0
500 m
N
Ougney-
Douvot
Ougney-le-Bas
Le Ponton
Bois Ban
279
262
263
259
323
E 11
Fy
T50
T30
T25
F1
F2
F3

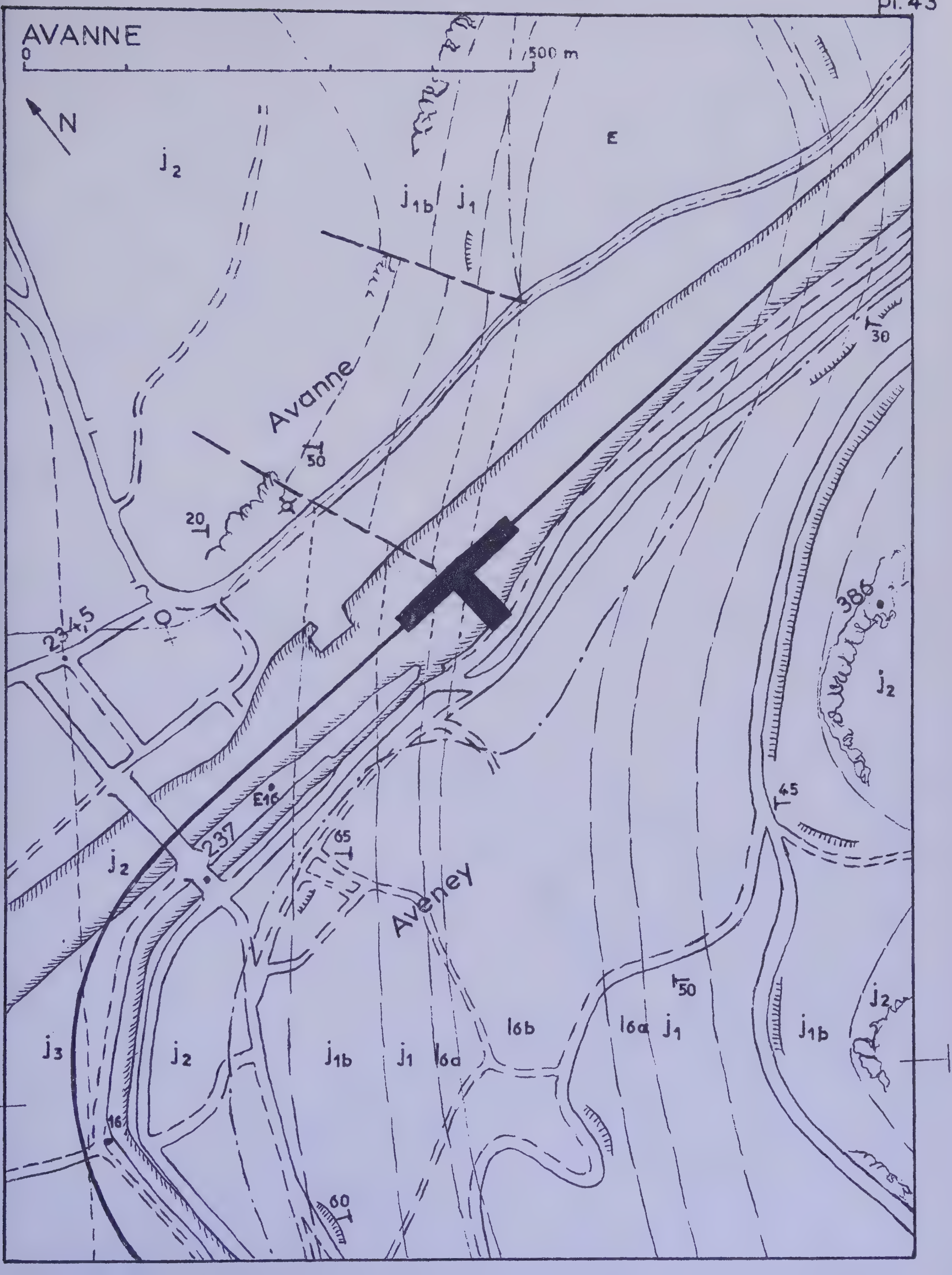
pl39

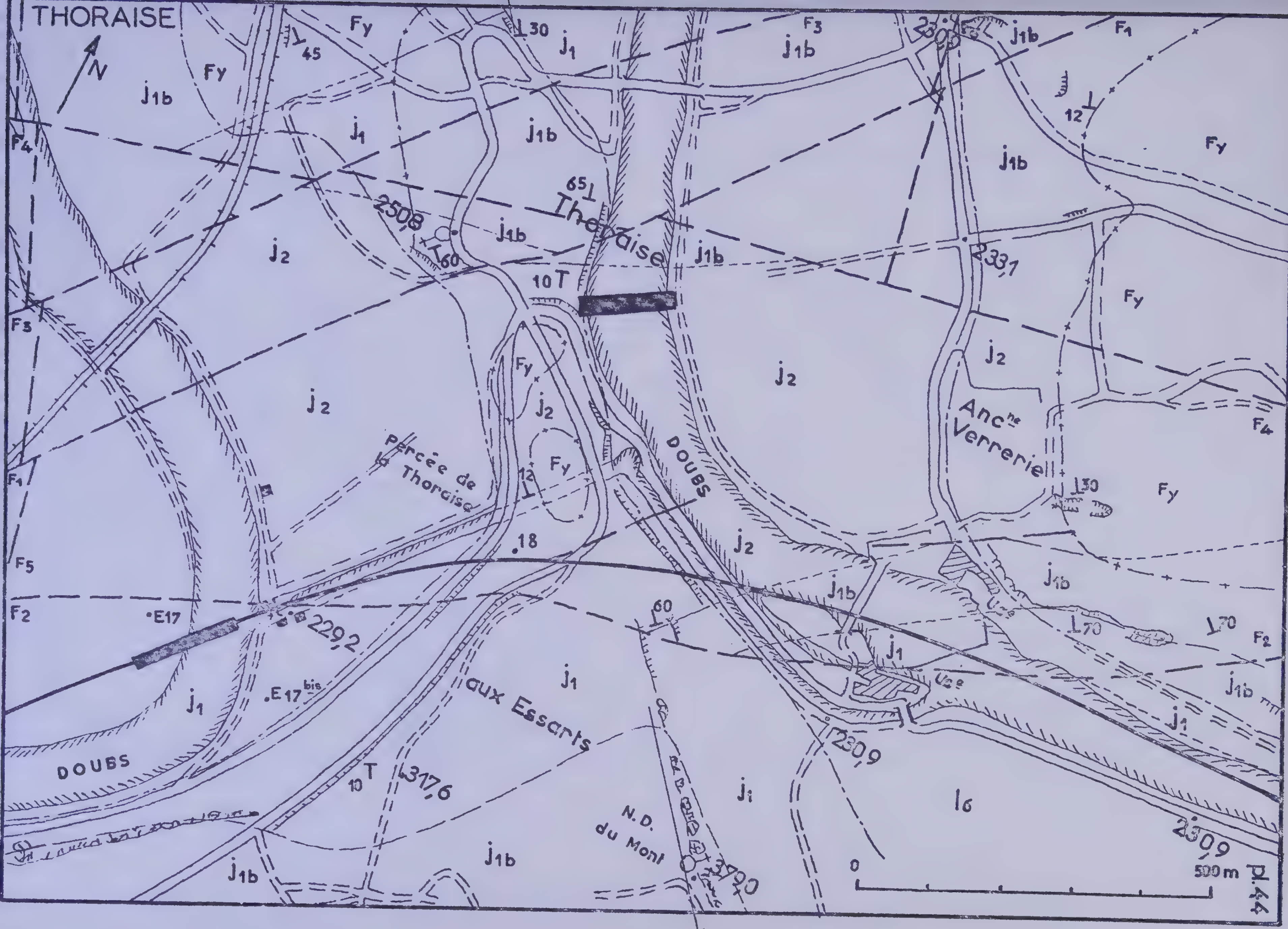
pl.40

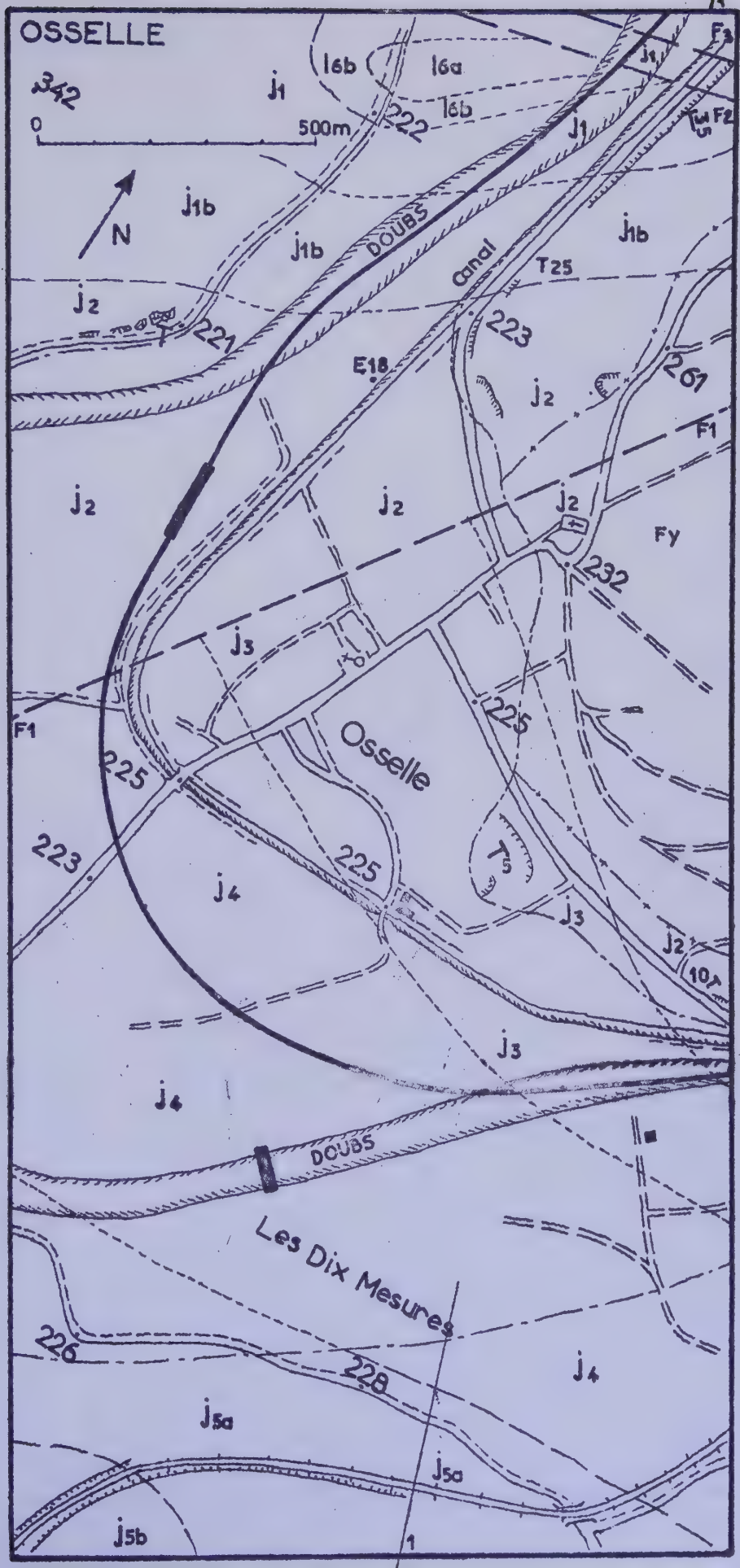

DELUZ
N
0
500 m
Deluz
le Défois
sous Roche
B. de la Vacherie
Côte du Bœuf
B. de la Grande Côte
sous-le Breuil
255
256
368
348
262
282
254
253
521
T20
F

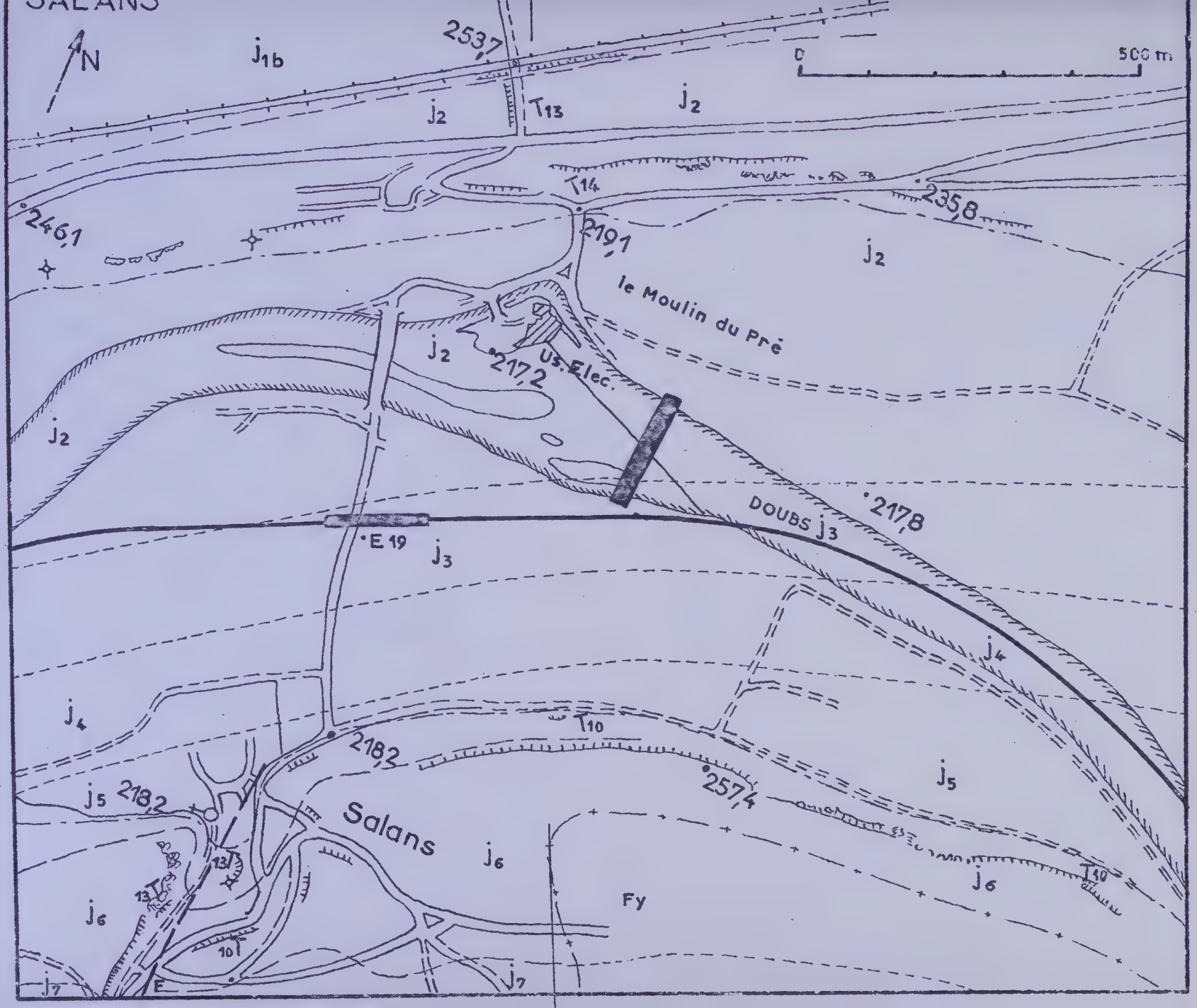
OCHE-LES- BEAUPRE
500 m
j6
j5b
Carre
j6
266,6
E
B. de
la Vaivre
Fy
Fy
j6
Roche
-lez-Beaupré
j5a
256,3
Fy
j5b
Fy
Rvoirs
à pétrole
j5a
249,3
j6
j7ab
j5b
E14
j6
j7ab
250,6
15
j6
10
E
la Canaie
j7ab
j7ab
j 7ab
E
T10
j7c
Bois
j7de
Côtes
Ravannes
j7de
B. Côte de Joux
j7c
j8
j8
F


BESANÇON
N
Ile Malpas
Route de Lyon
Strasbourg
LE DOUBS
Fort des Trois Chatels
Fort Tousey
N. 67
0
500 m
j5
j6
j7ab
j7c
j7de
j8a
j8b
j9
348
355
284
1
2
3
4
5

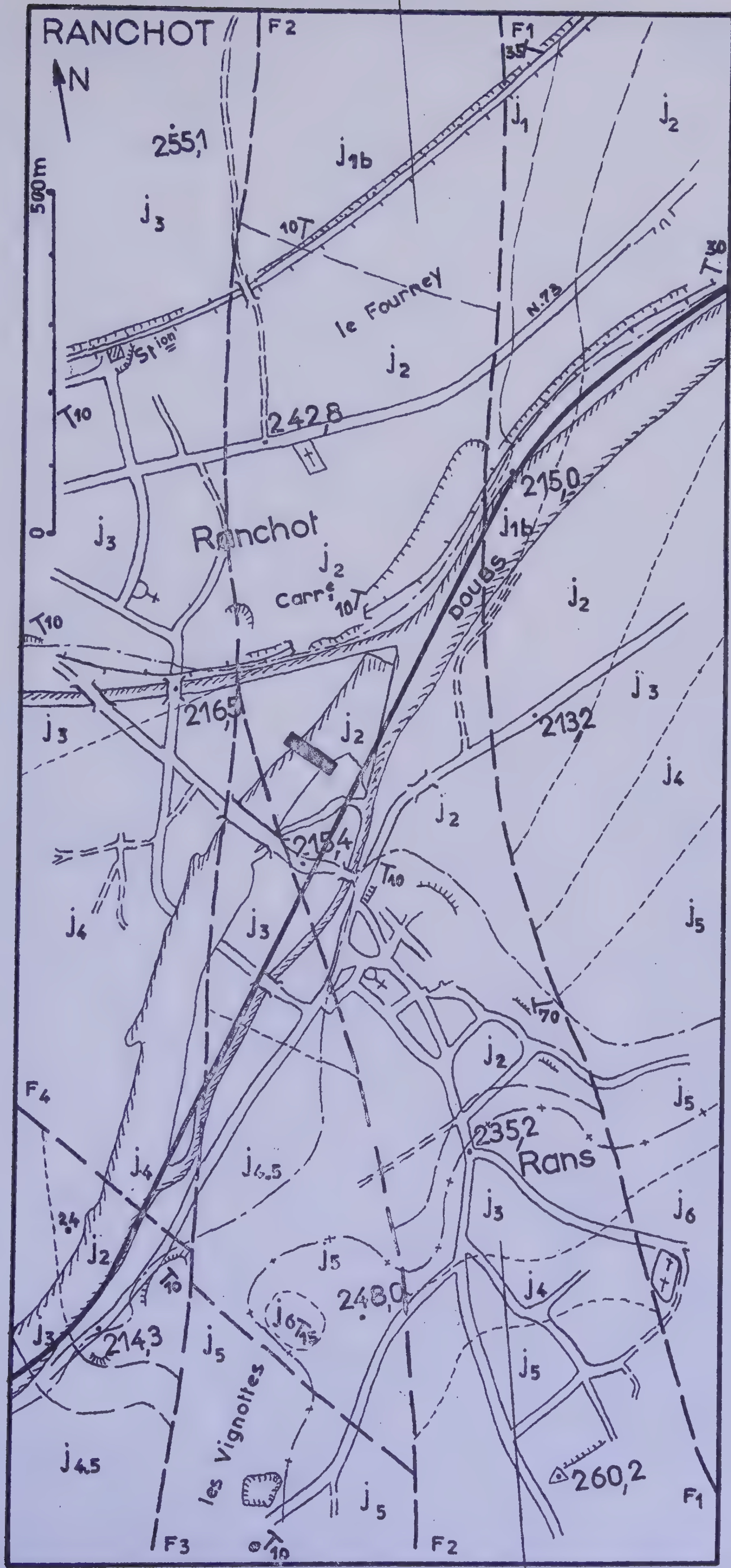

AVANNE
0
500 m
N
j2
E
j1b
j1
Avanne
50
20
234,5
E16
237
j2
65
Aveney
30
386
j2
45
50
j3
j2
j1b
j1
l6a
l6b
l6a
j1
j1b
j2
16
60

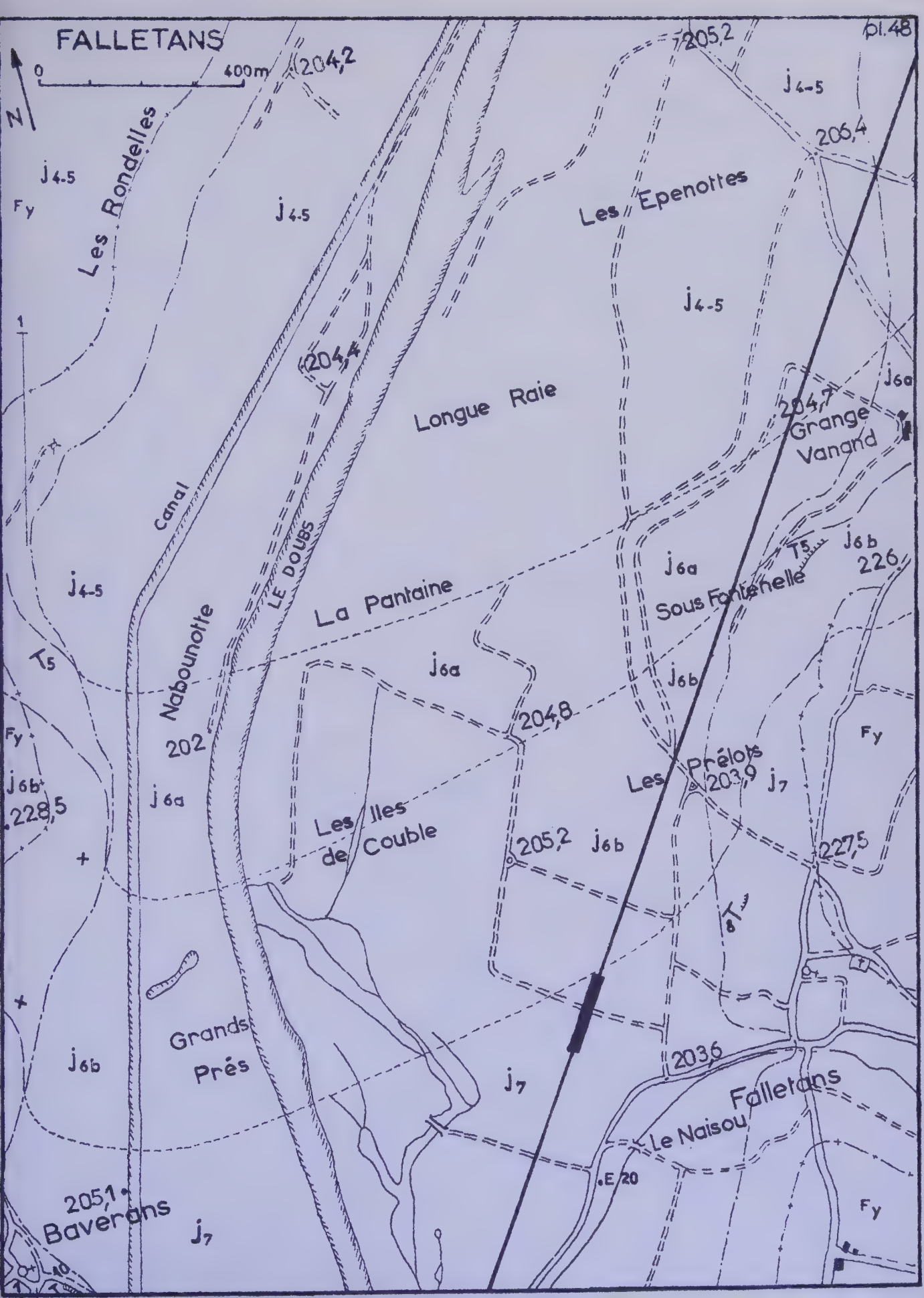

THORAISE
N
Thoraise
DOUBS
Anc^ne Verrerie
Percée de la Thoraise
aux Essarts
N.D. du Mont
F1
F2
F3
F4
F5
Fy
j1
j1b
j2
l6
250,8
233,1
229,2
230,9
317,6
379,0
E17
E17 bis
18
10 T
0
500 m
pl.44


OSSELLE
342
0
500m
N
j1
l6b
l6a
222
j1b
DOUBS
Canal
T25
j2
221
E18
223
267
F1
F2
F3
Fy
232
j3
225
Osselle
T3
j4
DOUBS
Les Dix Mesures
226
228
j5a
j5b

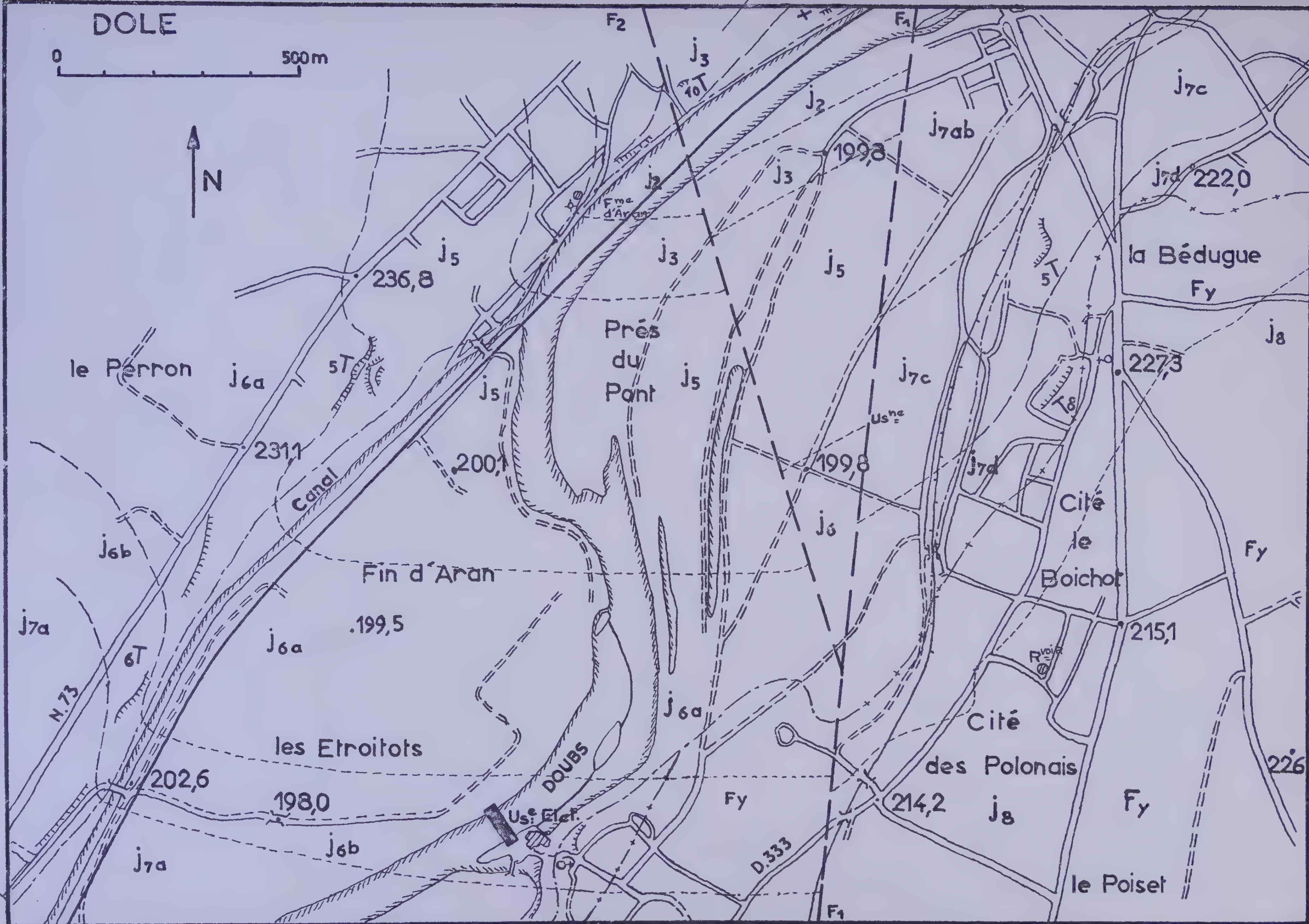

SALANS
N
0
500 m
253,7
j1b
j2
T13
j2
T14
246,1
219,1
235,8
j2
le Moulin du Pré
j2
Us. Elec.
217,2
j2
217,8
DOUBS
j3
E 19
j3
j4
j4
T10
218,2
j5
257,4
j5 218,2
Salans
j6
j6
Fy
T10
j6
j7
j7
E

pl.46


RANCHOT
N
500m
0
F2
F1
F3
F4
255,1
242,8
215,0
216,5
213,2
215,4
235,2
248,0
214,3
260,2
Ranchot
Rans
le Fourney
N.73
Doubs
Carr.
les Vignottes
j1
j1b
j2
j3
j4
j5
j6
j4.5
j6.5
10
30
35
70
15


FALLETANS
0
400m
N
204,2
205,2
206,4
Les Rondelles
Les Epenottes
Longue Raie
204,4
204,7
Grange Vanard
Canal
LE DOUBS
Nabounotte
La Pantaine
Sous Fontenelle
226
202
204,8
Les Prélots
203,9
228,5
Les Iles de Couble
205,2
227,5
Grands Prés
203,6
Falletans
Le Naisou
205,1
Baverans
E 20
j4-5
j6a
j6b
j7
T5
Fy

pl.49


DOLE
0
500 m
N
F2
F1
j3
10T
j2
j7ab
j7c
199,8
j7d
222,0
Fme d'Aran
j5
236,8
la Bédugue
Fy
j8
5T
Prés
du
Pont
le Perron
j6a
227,3
T8
Usne
231,1
200,1
199,8
Canal
Cité
le
Boichot
j6b
Fin d'Aran
j7a
199,5
215,1
N.73
6T
les Etroitots
Doubs
Cité
des Polonais
202,6
198,0
Use Elect.
214,2
226
D.333
le Poiset